E+A

Band 42 / Heft 3 Mai 1958

INST.
LIBRARY
27
Eu. 270

ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

ZUGLEICH ORGAN DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

BEGRÜNDET VON K. ESCHERICH

HERAUSGEGEBEN VON

W. ZWÖLFER

Dr. rer. nat., o. ö. Professor für angewandte Zoologie
an der Universität München

Mit 27 Abbildungen

VERLAG PAUL PAREY · HAMBURG UND BERLIN
HAMBURG 1 · SPITALERSTRASSE 12

Inhalt

ORIGINALAUFSÄTZE

Preliminary Investigations on the *Dreyfusia (Adelges)* Populations, Living on the Trunk of the Silver Fir. By H. PSCHORN-WALCHER and H. ZWÖLFER .. 241

Morphologische und papierchromatographische Untersuchungen zur Artentrennung in der Gattung *Dreyfusia* C. B. *(Adelgidae).* Von OTTO EICHHORN 278

Zur Kenntnis der Schäden, die Lachniden an ihren Wirtsbäumen hervorrufen können. Von H. MÜLLER, Kirchzarten/Brg. 284

Nachträge zum Problem des Polyedervirus bei Insektenkrankheiten. Von E. JANISCH 292

Einige Bemerkungen zur Biologie und zum Einfluß von Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit auf die Entwicklung von Ei, Raupe und Puppe von *Boarmia bistortata* Goeze *(Lepidoptera, Geometridae).* Von VERENA SCHEFER-IMMEL 307

Die Collembolen des Flachmistkompostes. Von E. MROHS 316

Der gegenwärtige Stand der Bekämpfung von Baumwollschädlingen in Ägypten. Von H. HEDDERGOTT 334

KLEINE MITTTEILUNGEN

Neue Forschungsergebnisse an Termiten. Von A. HERFS, Köln-Stammheim .. 351

Schriftleitung: Alle Einsendungen sind mit dem ausdrücklichen Vermerk „Für Zeitschrift für angewandte Entomologie" ausschließlich an Prof. Dr. W. Zwölfer, München 13, Amalienstr. 52, Gartengeb., zu richten.

Manuskripte: Die Zeitschrift veröffentlicht Originalabhandlungen, kleine Mitteilungen und Buchbesprechungen. Die Beiträge sind so kurz und präzise wie möglich zu halten. Tabellen und Abbildungen wird gebeten, auf das Notwendigste zu beschränken. Jeder Abhandlung ist am Schluß eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse in deutscher und, wenn möglich, englischer Sprache anzufügen. Die Titel zitierter Zeitschriften sind nach den internationalen Regeln zu kürzen. Für Manuskripte, die einen Umfang von 50 Seiten übersteigen, bittet der Herausgeber, vor Absendung mit ihm Fühlung aufzunehmen.
Es wird gebeten, die Manuskripte möglichst mit Schreibmaschine und nur einseitig zu schreiben und Sperrungen möglichst zu vermeiden. Photographische Abbildungsvorlagen müssen so beschaffen sein, daß sie eine kontrastreiche Wiedergabe ermöglichen. Alle dem Manuskript beiliegenden Unterlagen wie Photographien, Zeichnungen, Tabellen sollen auf der Rückseite mit dem Namen des Verfassers und dem Titel des Beitrages versehen sein. Bei Abbildungen, die bereits erfolgten Veröffentlichungen entnommen werden sollen, ist eine genaue Quellenangabe erforderlich.
Mit der Übersendung des Manuskriptes räumt der Verfasser dem Verlag Paul Parey für die Dauer des urheberrechtlichen Schutzes das Recht ein, die photomechanische Vervielfältigung seines Aufsatzes durch gewerbliche Unternehmen zum innerbetrieblichen Gebrauch zu genehmigen.

Honorierung: Das Mitarbeiterhonorar beträgt DM 40,— je Druckbogen von 16 Seiten. Mehr als drei Druckbogen je Beitrag werden nicht honoriert. Der von Abbildungen und Tabellen eingenommene Raum sowie Doktor-Dissertationen und Buchbesprechungen sind honorarfrei.

Sonderdrucke: Die Verfasser von Originalarbeiten erhalten von ihrem Beitrag nach Druckbeendigung auf Wunsch unberechnet 20 Sonderdrucke, die Verfasser von Doktor-Arbeiten 50 Sonderdrucke. Mehrbedarf kann gegen Berechnung angefertigt werden, jedoch nur, wenn die Bestellung unmittelbar mit der Rücksendung der Fahnenkorrektur, spätestens der 1. Umbruchkorrektur, bei der Schriftleitung aufgegeben worden ist.

Vorbehalt aller Rechte, insbesondere auch der photomechanischen Vervielfältigung: Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der photomechanischen Wiedergabe von Teilen der Zeitschrift oder im ganzen, sind vorbehalten. Jedoch wird Vervielfältigung durch Photokopie, Mikrokopie und dergl. für den innerbetriebl. Gebrauch in gewerbl. Unternehmen durch diese selbst oder durch dritte in 1 Ex. gestattet, wenn die Vervielfältigung einen Quellenvermerk enthält und unter Angabe der vervielfältigten Stelle eine Gebühr von DM 0,70 je angefangene Druckseite an den Verlag entrichtet wird.

Erscheinungsweise und Bezugspreis: Die Zeitschrift erscheint in zwangloser Folge im Umfang von ungefähr 7 Druckbogen je Heft. Jährlich erscheinen etwa 6 bis 8 Hefte, von denen 4 jeweils einen Band bilden. Das Abonnement verpflichtet zur Abnahme eines ganzen Bandes und verlängert sich jeweils stillschweigend, wenn nicht unmittelbar nach Erhalt des letzten Heftes eines Bandes Abbestellung erfolgt. Die Hefte werden einzeln berechnet. Der Preis beträgt je Druckbogen etwa DM 4,—. Der Preis der Hefte außerhalb des Abonnements ist jeweils um 10 % teurer.
Die Zeitschrift kann bei jeder Buchhandlung oder beim Verlag Paul Parey, Hamburg 1, Spitalerstr. 12, bestellt werden.

© Paul Parey, Hamburg u. Berlin 1958 · Printed in Germany by Westholst. Verlagsanst. Boyens & Co., Heide/Holstein

Z. ang. Ent. Bd. 42 (1958) H. 3, S. 241–352

Abonnementspreis dieses Heftes DM 28,80 Einzelpreis DM 31,60

European Laboratory, Commonwealth Institute of Biological Control, Delémont, Switzerland

Preliminary Investigations on the *Dreyfusia (Adelges)* Populations, Living on the Trunk of the Silver Fir

By H. Pschorn-Walcher and H. Zwölfer

I. Introduction

An outline of this paper has already been read by the first-named author before the Tenth International Congress of Entomology, Montreal, 1956. As it has been intended, and agreed with by the Congress Secretary, to publish only a short summary in the Proceedings of the Congress, the following publication undertakes to give a more detailed account on the same topics. It also includes observations which have since been made by us, as well some aspects of three other recently published papers which deal with similar subjects (Varty 1956, Karafiat and Franz 1956, Eichhorn 1957).

The field experiments and observations on which this paper is based commenced in 1954, but were handicapped by the almost total destruction of the investigated aphid populations through the severe frost of the winter 1955/56. Since the recurrance of as satisfactory an investigation period as occured in 1954/55 cannot be insured in the near future, the preliminary results so far obtained should be communicated in this paper. Furthermore, as the taxonomic concept of the silver fir woolly aphids was in the meantime subject to further investigations (Pschorn-Walcher and Zwölfer 1956 a, b, Merker and Eichhorn 1956, Eichhorn 1957, 1958), it seemed advisable to introduce the present paper by a chapter on this recent taxonomic work.

Acknowledgements

For the opportunity of cooperation and for scientific stimulation we are deeply obliged to Dr. W. R. Thompson, Ottawa, and to Prof. L. P. Mesnil, Delémont. Dr. V. Delucchi, Delémont, was kind enough to donate some cages constructed by him for our disposal. Dr. Lang and Ing. K. Madliger, Winterthur, gave us permission to undertake researches in the forests of the township Winterthur. Through the kindness of Prof. Dr. E. Merker and Dr. O. Eichhorn, Freiburg i. B., we have been able to visit the infestation area of *Dreyfusia merkeri* Eichhorn in the Black Forest, and to collect material there. From that time on, we had frequent personal contact with Dr. Eichhorn, and the exchange of aphid material as well as of information has greatly expedited our work.

Upon this occasion, the firstnamed author also wants to express his sincerest gratitude for the generous grant he received from the Financial Committee of the Tenth International Congress of Entomology, Montreal, 1956, which enabled him to attend the Congress and to visit the infestation area of *D. piceae* Ratz. in New Brunswick. For the very helpful discussions he had on this subject, the firstnamed author is especially obliged to Dr. R. E. Balch and to his staff of the Forest Biology Laboratory at Fredericton, and to officers of the Entomology Laboratory at Belleville.

Finally, we have to thank Mr. T. B. O'Connell, Boston, for his help in reading the manuscript.

II. The genus *Dreyfusia* and its representatives on silver fir and balsam fir

A. The taxonomic concept of the genus Dreyfusia C. B.

At present, the taxonomic status of the woolly fir aphids is interpreted in two different ways. While in the English literature all the Adelginae species are combined in the two old genera *Pineus* and *Adelges* (ANNAND 1928, BALCH 1952, VARTY 1956, etc.) most of the European investigators (SCHNEIDER-ORELLI et al. 1929, FRANCKE-GROSMANN 1938, HOFFMANN 1938, SCHIMITSCHEK 1952, W. ZWÖLFER 1954, MERKER and EICHHORN 1955, etc.) have adopted the concept of BOERNER (1908), who established a number of small genera out of the frame-work of the former genus *Adelges* (= *Chermes*) and restricted the silver fir aphids as the only members of the new genus *Dreyfusia* C. B. (C. B. = Carl Börner).

In our opinion, not only morphological and phylogenetic features speak in favour of BOERNER's point of view, but also the host relationships and other biological characters strongly support his scheme. Recently, a further argument has been brought forward by VARTY's paperchromatographic studies (1956), "which give some tentative support for the European point of view"[1].

In the following, a survey is made of the most recently published system of BOERNER (1952), in order to illustrate the qualifications of his classification.

Contrary to ANNAND (1928) and his English followers, BOERNER established among the Aphidina ovipara two families, the Adelgidae (Herrich-Schaeffer in KOCH, C. B.) and the Phylloxeridae (Herrich-Schaeffer in KOCH). The Phylloxeridae appear to be restricted to different deciduous plants (*Salix, Quercus, Vitis,* etc.). They hibernate either in the egg or in the larval stage. The sexuales have no rostrum, the antennae have only one primary sensorium. Most of the European species are holocyclic. The Adelgidae live exclusively on conifers, the primary host being always a spruce, the secondary host being a species of *Pinus, Abies, Tsuga, Larix* or *Pseudotsuga.* The holocyclic species generally exhibit alternation of hosts, while each of the Phylloxeridae, so far known, is confined to a single host. The sexuales possess a well marked rostrum, and the antennae bear two primary sensoria.

The family Adelgidae is subdivided by BOERNER into the following two subfamilies: Pineinae C. B. with the single genus *Pineus* Shim. (six pairs of abdominal spiracles, the first one being very small; the European species only with one type of virginogeneous larvae, which overwinters; chambers of the galls not separated, the gall-scales free), and Adelginae (seven pairs of abdominal spiracles; two types of virginogenous larvae, progredientes and sistentes, the latter hibernating; chambers of the galls separated, the gall-scales completely or partly fused).

The subfamily Adelginae is further split up into two tribes: Dreyfusiini C. B. (including the genera *Dreyfusia* C. B. and *Aphrastasia* C. B.) and Adelgini C. B. (including the genera *Cholodkovskya* C. B., *Adelges* Vallot, *Gilletteella* C. B. and *Sacchiphantes* Curt.).

According to SCHNEIDER-ORELLI and SCHNEIDER (1954), who slightly amplified BOERNERS diagnoses, the tribe Adelgini is characterized by neo-

[1] Recent paperchromatographic investigations by EICHHORN (1958) also support BOERNER's view.

sistentes showing setae an the pleural plates of abdominal segments 1–6, and often by annular wax glands with tubular wax secretions. The secondary hosts are species of larch or of douglas fir. In the tribe Dreyfusiini, on the other hand, the setae of the pleural plates of the neosistentes are present only on segments 1–5, the wax glands generally exhibit a circular structure, and, thus, produce filiform wax secretions. The secondary hosts are mainly firs or hemlocks.

The two genera of Dreyfusiini, *Dreyfusia* and *Aphrastasia,* can be distinguished by the shape of the prothoracic marginal plates of the neosistentes, which are separated in *Dreyfusia,* but fused in *Aphrastasia.*

B. History of recent research on the specific level

Of the European species, *Dreyfusia piceae* Ratz. 1844 and *D. nüsslini* C. B. 1908 (= *Chermes nordmannianae* Eckstein 1890) are most frequently mentioned in the literature. The history of the early investigations on the taxonomy and biology of these species (MARCHAL 1913, etc.) is already discussed by several authors (SCHNEIDER-ORELLI et. al. 1929, BALCH 1952, and especially VARTY 1956).

Up to the work of SCHNEIDER-ORELLI et. al., *D. piceae* and *D. nüsslini,* the neosistentes of which are morphologically easily separable, were assumed to be also clearly separable species ecologically. The trunk area of older silver firs was reported as the habitat of the "fir trunk aphid", *D. piceae;* whereas, the "fir shoot aphid", *D. nüsslini,* seemed to be confined to young firs, mainly to their branches, shoots, and needles. The above mentioned authors demonstrated that *D. nüsslini* sometimes also infests trunks of fir trees up to 50 years of age, without spreading to their branches and twigs. This form, living preponderantly on the trunk, clearly corresponds to the „fir shoot aphid" morphologically. However, BOERNER (1932) has designated it as an individual species, *(D. schneideri),* an opinion with which FRANCKE-GROSMANN (1937) was inclined to agree. This stem infestation by *D. nüsslini* has been confirmed by further authors (HOFFMANN 1939, etc.). SCHNEIDER-ORELLI (1945) has later also found mixed infestations of both species on the same trunk. However, in his catalogue work, BOERNER (1952) revoked his view and combined again *D. schneideri* (the trunk form) with the normal *D. nüsslini.*

The investigations of the above named authors suggested that the infestations of the trunks of older silver firs by *D. nüsslini* take place more as an exception than as a rule. On the basis of our own observations during 1955/57, we are inclined to lay much more stress upon the importance of the trunk form of *D. nüsslini.* Within the area of our experiments, which is nearly identical to that of SCHNEIDER-ORELLI, about 500 infested firs from more than 40 stands were known to us in 1955, of which nearly 400 were infested purely by *D. nüsslini.* Among them we found infested trunks up to 70 cm D.B.H. (= diameter breast height) belonging to age groups ranging from 40–100 years. The main infestation was observed in stands of 50–80 years. Also in the Vosges, in Sweden, and in Slovakia, stem infestations by *D. nüsslini* could be commonly observed, and during excursions with Dr. EICHHORN, old firs infested by this species were found in the Black Forest.

In 1935, FRANCKE-GROSMANN described a third species of *Dreyfusia*, *D. prelli* Grosmann 1935, which mainly infests *Abies nordmanniana*, and migrates to *Picea orientalis* (1937). This is obviously an introduced species, as it food plants do not belong to the Middle European flora, and as it was hitherto observed only in gardens and parks, first near Dresden and recently, by EICHHORN (1955, 1957), near Freiburg, Kassel and Weinheim in Germany. There are some indications that this species, morphologically close to *D. piceae*, but differing markedly phenologically, can also live on silver fir, *Abies alba*. But recent extensive field observations by EICHHORN yielded only few examples of this situation.

In recent years, MERKER and EICHHORN (1955) recorded severe damage on seedlings of silver fir and of young firs in the Black Forest area by a woolly aphid, which was first considered to be *D. piceae*. On an excursion with Dr. EICHHORN in autumn, 1955, we obtained comparative material of this form. Microscopic examination showed distinct differences between the Freiburg-form and our Swiss material, an observation simultaneously confirmed, and later studied in more detail, by EICHHORN. We have tentatively classified the Black Forest population as *D. piceae*, forma *aggressiva* (PSCHORN-WALCHER and ZWÖLFER 1956 a, b), while MERKER and EICHHORN (1956) have refered to this form under the name *D. piceae*, "Freiburg-form". Continuing these studies on a larger scale, and incorporating our Swiss and Canadian material, EICHHORN (1957) finally succeeded to prove that the Freiburg-form (= our *D. piceae*, f. *aggressiva*) must be considered a distinct, probably introduced species. It was named *D. merkeri* Eichhorn 1957, and it is characterized not only by statistically significant morphological and paperchromatographic features, but also by its biology and its life cycle, which will be discussed in the next chapter. According to our own studies, we fully agree with EICHHORN's view.

In addition to these four European species, three other species of *Dreyfusia* have been recorded from Eastern Asia, among which that described by STEBBING as *Chermes abietis-piceae* (from *Abies webbiana* and *Picea morinda*), must remain doubtful (SCHNEIDER-ORELLI and SCHNEIDER 1954). From Japan, INOUYE (1953) recorded the new species *D. todomatsui*, known only from *Abies mayriana* in Hokkaido. The other new species, *D. knucheli* Schneider Orelli and Schneider 1954, has been found on *Abies pindrow* in the northwestern Himalaya.

C. Morphological and biological diagnoses of the species infesting silver fir and balsam fir

The following summarizes the morphological and biological features of diagnostic value of the different species and forms of *Dreyfusia* attacking regulary *Abies alba* in Europe and *Abies balsamea* in Canada. For more detailed information the reader is refered to the standard literature on the different species; above all to the most recent and extensive publications of EICHHORN (1957, 1958), which deal with the morphology and biology of all the stages of *D. merkeri*, *D. nüsslini*, *D. prelli*, and, to a lesser extent, also with the European and Canadian form of *D. piceae*.

At the *Adelges*-Symposium of the Tenth International Congress of Entomology, J. FRANZ critisized our preliminary designation of the different morphological and ecological forms

of *D. piceae* and *D. nüsslini* on the ground of insufficiant taxonomic foundation. It must therefore again be stated that the classification proposed was of a merely provisional character, indicated by the use of the neutral term "form" for the different populations concerned, as recommended by the Copenhagen Decisions on Zoological Nomenclature. This separation has been shown justifiable by the recent work of EICHHORN (1957). The actual taxonomic status of the present "infrasubspecific forms" of *D. piceae* and *D. nüsslini*, as discussed in the following, must be subject to further investigation.

1, a: D. piceae Ratz., forma *typica* (European form on silver fir)

Morphology

For the spinal (mesial) plates of meso and metathorax, and first three abdominal segments of the neosistens see PSCHORN-WALCHER and ZWÖLFER (1956 a,b, fig. 1). Pore plates generally very slightly sclerotised, in many cases indistinct, especially in newly hatched larvae. "Central gland area" of mesial plates[2] mostly angular, usually of triangular form, with only a few, relatively large, indistinct, and polygonal pores. On mesothorax 3–5, on metathorax 3–4, on first three abdominal segments 2–4, 2–3, 1–3 pores per central gland area. Central gland area very indistinct or missing on the distal segments. Pore plates, when mounted on slides, only barely visible on abdominal segments posterior to fourth.

Variability[3]

Material of *D. piceae*, f. *typica*, deriving from about 20 European localities, relatively uniform. Total number of pores of both central gland areas of thorax II and III, and abdomen 1–3 varying from 21–32; average number 26. (See fig. 1).

Habitat

D. piceae, f. *typica*, in Europe, normally infests trunk area, and bigger branches of older silver firs (30–100 years). Furthermore, sporadically, in parks on stems of *Abies cilicica*, *A. balsamea*, and on buds of *A. fraseri*, *A. sibirica*, *A. nobilis*, *A. grandis*, and *A. arizonica* (FRANCKE-GROSMANN 1938).

Life cycle

Anholocyclic, in our region always with one hiemalis, and one aestivalis generation. In climatically favoured years, with early onset of spring, an "intermediate aestivalis generation" possible during June–July. Progredientes rare, winged sexuparae not yet observed. Primary host unknown.

Predator complex

Includes six dominant species, six subdominant species, and a number of incidental predators (DELUCCHI 1955, PSCHORN-WALCHER and ZWÖLFER 1956 a, KARAFIAT and FRANZ 1956, SCHREMMER 1956).

[2] For the definition of the "central gland area" ("Mittelfeld" of EICHHORN) and for the method of pores counts see EICHHORN (1958, fig. 1).

[3] In this and in the following species we have generally examined only around 10 larvae per sample (4–20 samples from each species). The range of variability indicated here is consequently less wide than that stated by EICHHORN (1958), who has counted a much larger number of specimens.

Distribution (based on own material only)

In Switzerland and in Bavaria common from the Middleland and the lower alpine districts up to 1,350 m., in the central and southern Swiss Alps up to 1,700 m. In the Vienna Forest, in Bavaria, and in Slovakia common. In Sweden in the silver fir plantations of Visingsö and Omberg.

1, b: D. piceae, forma *canadensis (sensu* EICHHORN) (Canadian form on balsam fir)

Morphology

Pore plates of neosistens distinctly more chitinised than in forma *typica*. Gland areas of distal segments always easily recognizable. Number of pores of central gland areas generally higher than in forma *typica*. Mesothorax with 3–7, metathorax with 3–6, first abdominal segment with 2–5, second and third abdominal segments with 2–4 pores per central gland area.

Variability

Somewhat more pronounced than in European form. Total number of pores of both central gland areas of thorax II and III, and of abdomen 1–3, varying from 28–42; average total number 35 (fig. 1).

Habitat

According to BALCH (1952), Canadian form of *D. piceae* infests stem region as well as buds of crown region of balsam fir, especially of older trees.

Life cycle

Anholocyclic; with one hiemalis, and one aestivalis generation, but without "intermediate" (second) aestivalis generation, as found in European form.

Predator complex

Several native species of minor importance. Four introduced European predators so far established in Canada (BALCH, CLARK and BROWN 1956).

Distribution

Until now, spread over the maritime provinces of Canada (New Brunswick, Nova Scotia, Newfoundland) (BALCH 1952), and USA (Maine, Massachusetts, New Hampshire, Vermont and New York) (DOWDEN 1956). First recorded importation, about 1908.

Discussion

As indicated above, there exist slight differences in the morphology of the neosistentes of the Canadian populations, their sclerotization being more pronounced and the number of pores being clearly higher than in the European forma *typica*. The taxanomic significance of these statistical characters has to be further investigated. Transfer tests of the Canadian form

to *Abies alba,* and a paperchromatographic comparison of both forms might be appropriate means to clarify the degree of their relationship to one another.

2: *D. merkeri* Eichhorn 1957

Morphology

For detailed description of all morphs and stages, see EICHHORN (1957, 1958). Neosistens more strongly sclerotized (more strongly than in Canadian form of *D. piceae*); recognition of pore plates on microscopic slides generally easier. Central gland areas of mesial plates frequently of rounded shape, resembling somewhat those of *D. nüsslini.* Central gland areas of mesothorax with 5–8, those of metathorax with 3–8 pores. Corresponding numbers for first three abdominal segments varying from 2–6 pores. Generally, all central gland areas of mentioned segments clearly developed, with single pores smaller and more roundish than in *D. piceae,* f. *typica* (see PSCHORN-WALCHER and ZWÖLFER 1956, a, b, fig. 2).

Variability

Morphological variation of this form markedly wide. Some specimens correspond closely to *D. piceae,* others nearly resemble *D. nüsslini* in shape of central gland areas, and in number of pores. Total number of pores of the ten central gland areas counted, between 32–58; average total number 45.

Habitat

According to MERKER and EICHHORN (1955), this species lives in the Black Forest upon trunks and in the crown region of older firs, as well as on all portions of young firs and seedlings. In this respect similar to *D. nüsslini,* and frequently associated with this species on the same tree.

Life cycle

Anholocyclic/holocyclic; generally with one hiemalis and one to two aestivalis generations, but a portion of young larvae of spring generation remaining dormant until next spring, and, thus, autumn generation less numerous than in *D. piceae.* EICHHORN observed progredientes in numbers, and especially sexuparae. Latter migrating to *Picea orientalis,* when available. Galls on oriental spruce similar to those of *D. nüsslini.*

Predator complex

On younger firs probably a less complete complex than on trunks. The latter similar to that of *D. piceae.*

Distribution

To date recorded only from vicinity of Freiburg i. B., in the Black Forest area, and from the Odenwald, both in Germany. In the latter case reported as *D. piceae* by KARAFIAT a. FRANZ (1956). Probably imported from distribution area of *Picea orientalis.*

3, a: D. nüsslini C. B., forma *typica* (twig infesting form on younger firs)

Morphology

Sclerotization of pore plates strongly pronounced; roundish-oval central gland area always immediately visible, even in poor preparations. Central gland areas strongly marked on abdominal segments 1–5, and sometimes distinctly on tergite 6. Roundish central gland areas with small, round-oval, deep pores. Mesothorax with 8–12, metathorax with 7–12 pores per central gland area. First abdominal segment with 6–10, second and third abdominal segment with 4–9 pores (see PSCHORN-WALCHER and ZWÖLFER 1956 a, b, fig. 1).

Variability

Relatively great. Variable mainly in number of pores; total number of pores in the ten central gland areas examined ranging from 66–98, average total number, 82 (fig. 1).

Habitat

Occuring mainly in warm and sunny places, on all parts of young firs, preferably on branches, twigs, and needles.

Life cycle

Anholocyclic/holocyclic; generally with one sistens (hiemalis) generation. Among the diapause larvae of spring generation, at most 25 %, but usually a much lower percentage propagating again in August; frequently no second generation at all. Progredientes and sexuparae regularly developed, the former causing the well known needle deformations. Gall generation occuring, if *Picea orientalis* available.

Predator complex

Considerably poorer than that of *D. piceae;* dipterous species especially scarce, except *Syrphus* sp.; *Aphidecta* markedly abundant.

Distribution (based on own material only)

In Switzerland, north of the Alps, common at the border of fir thickets up to 1,400 m., especially in warm and sunny locations. In the Vosges (France), in Germany, in Slovakia, and in Austria (KOTSCHY 1958) widely distributed. Heavy infestations at Visingsö and Omberg in Sweden. Certainly introduced from natural distribution area of oriental spruce.

3, b: D. nüsslini, forma *schneideri* (stem infesting form on older firs)

Morphology

This form, until now, morphologically not distinguishable from *D. nüsslini*, f. *typica.*

Habitat

Infests trunks of older firs in stands from 30–120 years of age. Crown region of infested trees generally not attacked. In contrast with the more „stenotopic" *typica* form, the „eurytopic" *schneideri* form has much wider eco-

logical tolerances. The forest types in which outbreaks occur correspond to the distribution areas of mass infestations of *D. piceae*, f. *typica*. According to experiments by SCHNEIDER-ORELLI et. al. the *schneideri* form does not seem to be transferable to young firs.

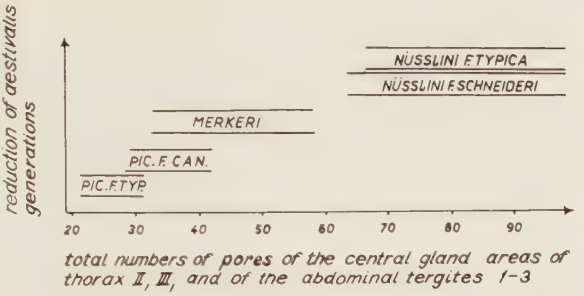

Fig. 1. Morphological and biological relationship of the different species and forms of *Dreyfusia* on *Abies alba*

Life cycle

Anholocyclic (holocyclic?). Sistens generation resembling that of *D. nüsslini*, f. *typica*. To date, only few observations on appearance of progredientes and winged individuals have been made. Number of former certainly much smaller than that of *D. nüsslini*, f. *typica*. Winged specimens found by us only once, in 1955.

Predator complex

Of the typical *piceae* predators, *Aphidecta* occurs frequently here, while *Laricobius* and *Pullus* occur markedly less numerously with *D. nüsslini*, f. *schneideri* than with *D. piceae*. The other species, particularly the dipterous forms, appear far less abundantly on trunks infested by forma *schneideri*.

Distribution (based on own material only)

Common in eastern Switzerland, in the Vosges, in Austria, in Slovakia, and in the Black Forest; within the same ecological range as *D. piceae*, f. *typica*. Also numerous infested firs at Omberg and Visingsö in Sweden.

D. Economic importance

D. piceae

This indigenous European species, attacking the stem regions of older silver firs, does not cause great damage on its natural host, in spite of its frequent mass infestations. According to histological investigations by KLOFT (1955, 1957), later confirmed by KARAFIAT and FRANZ (1956), the silver fir is capable of limiting the duration of a mass infestation through a necrotic reaction of the outer layers of the bark tissues, thus depriving the aphids of their food supply. When the infestation has died out, a certain period of resistence against further attack is acquired by virtue of this protection to the secondary periderm regenerating below, afforded by the thick layer of dead bark tissues.

Quite another type and effect of attack is to be observed with non-indigenous *Abies* species. Detailed information concerning this is communicated in the papers of FRANCKE-GROSMANN (1938), BALCH (1952), and VARTY (1956). In the Schovenhorst Arboretum in the Netherlands, BALCH (1953) has recorded severe infestations of *D. piceae* on *Abies nobilis, A. fra-*

seri, and *A. balsamea*. On the occasion of a visit in the fall of 1956, we observed that most of the *A. nobilis* trees had died, while *A. balsamea* and *A. fraseri* suffered heavily from bud and twig attack. In the Botanical Garden at Zurich, bud infestations could be located only on *A. sibirica*, while a single young balsam fir in the neighbourhood showed no signs of infestation. Corresponding observations were made near Augsburg (Germany), where about 600 balsam firs of different ages were infested only by a low population (endemic density) of *D. piceae*, and where no indications of previous damage could be obtained, in spite of the fact that the aphid was present in the same stand in epidemic densities on the stems of several silver firs.

Among the attacks against non-indigenous hosts of *D. piceae*, the influence of this species on *A. balsamea* in eastern North America is by far of the greatest economic importance. There, two types of attack are to be distinguished: young firs, which mainly exhibit bud infestations, finally leading to the symptoms of the so called „gout disease" (swelling of buds and shoots); mature firs which generally exhibit stem attack, frequently accompanied by bud-infections in the crown region of the tree. According to Balch (1956), mortality of the balsam fir resulting from the attack of *D. piceae* may lead to a severe reduction of the growth of balsam fir stands, which then become an unreliable source of pulpwood and are of little use as saw timber. As an example, Balch refers to a fir-spruce stand near Fredericton, where, during a period of about 15 years, 38 % of the volume of balsam fir was killed. 55 % was infested or was so injured by „gout" that it is unlikely to recover, and only 7 % is still healthy.

The different influence of *D. piceae* infestations on *A. balsamea*, in Canada and in the Netherlands (Schovenhorst) on the one, and near Augsburg and in other European plantations and gardens on the other hand, must be considered as a rather striking phenomenon, the causes of which are still unclear. Morphologically, the endemic populations on the balsam firs near Augsburg and Zurich appear to be identical with our typical form of *D. piceae* on *Abies alba*. The epidemic population injuring the balsam firs at Schovenhorst has not yet been microscopically examined, but this is planned for the near future. A further study along these lines might perhaps also throw some light on the status of the Canadian form of *D. piceae*, the larvae of which differ slightly in their morphology, as mentioned above (see also Eichhorn 1957).

D. merkeri

An account of the economic importance of this recently discovered species is given by Merker and Eichhorn (1955), and by Eichhorn (1957). Practically all age classes of silver fir can be injured, damage being most pronounced on nursery stock and on young fir trees. In nurseries, the infestation affects seedlings as well as firs of three to four years of age. In thickets, the overall picture of damage incured closely resembles that of *D. nüsslini*, but can be distinguished by the more accentuated swelling and stunting of the infested branches and twigs, especially of their basal parts. Frequently, *D. merkeri* is associated with *D. nüsslini*. According to Eichhorn (1957), even mature trees can be damaged by severe infestations of *D. merkeri* within the crown region, while stem attack seems to be easily tolerated by older trees.

D. nüsslini

The injury caused on younger fir trees by *D. nüsslini* has been well known for about 70 years, and has since then been investigated by a large number of authors, a chronology of the European literature being most recently given by VARTY (1956). The attack of the aphids, particularly the needle feeding of the progredientes, results in a deformation of the needles and shoots, and frequently causes the death of the tree. Severe infestations on young firs (5–40 years) mainly occur in sunny, warm, and dry places, particularly when the firs are without the protection of a canopy of mature trees.

Apparently much less pernicious is the *schneideri* form of *D. nüsslini*, the attack of which is confined to, and tolerated by, the trunks of older and mature firs. The ecological preferences of this stem-infesting form are wider than, and different from, those of the typical twig-infesting form, in that infestations of the *schneideri* form happen more frequently in relatively dark and humid stands, often in association with *D. piceae*.

III. Population dynamic studies on *D. piceae*, f. *typica* and *D. nüsslini*, f. *schneideri*

The experiments and observations to be described in the following have been confined to populations of both the forms living on stems of silver firs. The studies on the endemic density, as well as the cage experiments, refer to both species, while the observations on the annual population fluctuations preponderantly deal with *D. nüsslini*, f. *schneideri*, which species has become considerably more abundant than *D. piceae* since 1954.

A. Observations on endemic density

The literature reviewed deals mainly with mass infestations of *Dreyfusia* species. As a basis for population dynamic studies, however, a consideration of the "endemic (= normal, latent) density" seems to be of primary importance. While at an "epidemic density" (= mass infestation) the aphids attack the stem more or less completely, the characteristics of the endemic density are the strictly localised and very scattered infestations by single individuals limited in their distribution mainly to certain spots of the bark, as lenticels, crevices, scars, etc. This spot-like infestation seems to be the normal feature of nearly every older silver fir stem, at least within the Swiss distribution area of *Abies alba*, whereas mass infestations occur only in certain types of forests, and, within those, generally only on a very limited number of trees and limited in duration.

The density of the endemic population fluctuates from season to season, but in general remains within the range of less than one to several hundred aphids per sq. m. of stem surface, which is not yet covered with too thick bark scales.

The ecological range of this minimum density is of extraordinarily wide extent. So far, in our observation area, no forest contain-

ing older firs could be located in which an endemic population of *Dreyfusia* did not occur at least on each second or third fir trunk examined.

For a quantitative estimate of the endemic density, a census was made in 27 different forest sites in May/June 1955. In each stand concerned, 10–20 firs were selected at random and searched for adult aphids. These were closely examined within a trunk section of 1 m. in length, generally toward the basal part of the trunk. The aphid density, based on 10 sq. m. of bark surface, is taken to indicate the "abundance"; the precentage of examined trunk sections infested is taken to indicate the "frequency" of the endemic density.

A subdivision of the two trunk-infesting forms involved has not been undertaken. Random samplings proved that both species were included, though in different proportions; *D. piceae* generally predominated, while around outbreak centers of *D. nüsslini,* f. *schneideri,* the latter form took greater participation in the endemic populations. It appeared justifiable to neglect such a subdivision, since only an overall picture of the total endemic trunk infestation has been sought first.

The forest types recorded in table 1 include natural, indigenous forests, as well as non-indigenous "afforestations", mainly of spruce and fir. To find suitable natural sites, we have, in Northern Switzerland as well as in the Southern Alps, made our countings exactly at those localities, which are mentioned in the plant sociological work by Kuoch (1954) as being of a

Table 1

Survey of endemic populations in different regions and in different forest types

Locality Altitude Exposure	Forest type, Age *Plant association* (Forest region)	light humidity	*abundance* – number of aphids per 10 sq.m.	*frequency* – % of infested trunks	mass infestations
A. *Northern Switzerland:*					
Gottschalkenberg 1,120 m., NW	fir forest, 60–70 yrs. *Myrtillo-Abietetum*	L 2 H 2	435	100	+ +
Gottschalkenberg 1,160 m., S	fir forest, 20–80 yrs. *Myrtillo-Abietetum*	L 2 H 3	370	95	+
Unterägeri 1,200 m., plain	fir forest, 80–100 yrs. *Myrtillo-Abietetum*	L 2 H 2	210	88	—
Rothenturm 1,250 m., N	fir forest, 20–80 yrs. *Equiseto-Abietetum*	L 2 H 3	360	100	+
Fischenthal 1,080 m., NE	beech-fir forest, 70–80 yrs. *Abieto-Fageto adenostyletosum*	L 1 H 2	45	80	—
Unterägeri 1,020 m., N	beech-fir forest, 100 yrs. *Abieto-Fageto luzuletosum*	L 1 H 2	14	57	—
Fischenthal 1,090 m., NE	beech-fir forest, 100 yrs. *Abieto-Fagetum allietosum*	L 1 H 2	15	20	—
Unterägeri 1,150 m., NE	spruce-fir affor., 60 yrs. (beech-fir region)	L 3 H 3	1,600	100	+ +

Fortsetzung Table 1

Locality Altitude Exposure	Forest type, Age *Plant association* (Forest region)	light humidity	*abundance* = number of aphids per 10 sq.m.	*frequency* = % of infested trunks	mass infestations
Unterägeri 1,120 m., NW	spruce-fir affor., 70 yrs. (beech-fir region)	L 3 H 2	280	100	++
Zimmerberg 570 m., plain	spruce-fir affor., 75 yrs. (oak-beech region)	L 3 H 2	1,070	100	++
Moorschwand 530 m., S	spruce-fir affor., 70–95 yrs. (oak-beech region)	L 1 H 1	127	60	+
Winterthur 510 m., plain	spruce-fir afforest., 85 yrs. (oak-hornbeam region)	L 3 H 2	120	100	++
Sihltal 450 m., N	spruce-fir affor., 60 yrs. (oak-hornbeam region)	L 3 H 2	62	73	++
B. *Vosges (France):*					
Ribeauvillé 700 m., N	beech-fir forest, 95 yrs. *Abieto-Fagetum*	L 2 H 3	630	95	+
Ribeauvillé 700 m., N	beech-fir forest, 95 yrs. *Abieto-Fagetum*	L 2 H 2	48	68	—
Ribeauvillé 600 m., N	beech-fir forest, 70–95 yrs. *Abieto-Fagetum*	L 1 H 2	41	60	—
Ribeauvillé 500 m., S	beech-oak-fir forest, 65 yrs. *Fagetum*	L 1/2 H 1	67	83	—
Ribeauvillé 500 m., S	oak-pine forest, 20–60 yrs. *Querceto-Carpinetum*	L 1 H 1	49	26	—
Ribeauvillé 800 m., plain	spruce-fir affor., 65 yrs. (beech-fir region)	L 3 H 2	540	100	+
Ribeauvillé 630 m., W	spruce-fir affor., 45–65 yrs. (beech-fir region)	L 2 H 3	630	95	+
Ribeauvillé 600 m., E	spruce-fir affor., 65 yrs. (beech region)	L 3 H 2	250	100	+
Ribeauvillé 700 m., S	spruce-fir affor., 70 yrs. (beech-fir region)	L 3 H 1	152	64	—
Ribeauvillé 700 m., E	fir afforestation, 60 yrs. (beech-fir region)	L 1 H 1/2	43	60	—
C. *Black Forest (Germany)*[1]*:*					
Freiburg i. B. 500 m., N	spruce-fir affor., 75–85 yrs. (beech region)	L 2 H 2	180	85	+
D. *Southern Alps (Tessin):*					
Roveredo 1,470 m., N	fir forest, 95 yrs. *Abietetum isothecicum*	L 2 H 2	71	100	—
Grono 1,270 m., SW	fir forest, 80–90 yrs. *Abietetum isothecicum*	L 2 H 2	150	55	—
Grono 1,530 m., NE	Alpine-rose fir forest, 95 yrs. *Rhododendro-Abietetum*	L 2 H 2	29	70	—

[1] = *Dreyfusia merkeri.*

most natural forest composition. The nomenclature of these plant associations follows KUOCH.

To assess the light conditions (L) and the humidity (H) of the given stands, we have used only a rough scale, based on general ecological features, as on the type and extension of soil vegetation, etc., including three classes: 1, light, dry; 2, middle light, middle humid; 3, dark, humid. Stands in which a mass infestation occured on less than four trees are marked in table 1 by +, while those with four or more heavily infested trees are marked by ++.

The above given data permit an evaluation in several respects:

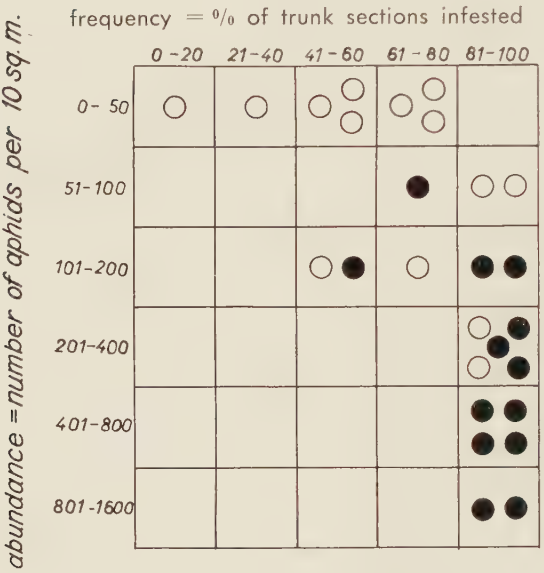

Fig. 2. Correlations in endemic populations of abundance with frequency (black dots = stand with a mass infestation)

a. Correlation between abundance and frequency of endemic populations

As shown by fig 2, the values are positively correlated with one another. In stands with a low abundance of the endemic populations, the proportion of uninfested trunk sections was relatively high. In stands with an endemic abundance of 200–400 or more aphids per 10 sq. m., practically all stem sections and all trees examined showed a scattered infestation by single aphids of the normal stock.

b. Effects of forest type on endemic populations

Table 2 indicates the relationship between the classes of abundance of aphids in endemic populations and the different forest types examined.

Table 2

Endemic density in different forest types

	Number of aphids per 10 sq.m. of bark surface					
	0 50	50 100	100 200	200 400	400 800	800 +
natural beech-fir forests *(Abieto-Fagetum)*	5	1	–	–	–	–
natural fir forests *(Abietum)*	1	1	1	2/1*	1*	–
spruce-fir afforest., colline zone	1	1*	3*	1*	1*	1*
spruce-fir afforest., montane zone	–	–	1	1*	1*	1*

(The number of stands in which a mass infestation was observed at least on single trees is marked by an asterisk)

In the indigenous beech-fir associations of the montane zone of the Alps as well as at lower elevations in the Vosges, the endemic population is considerably lower, and with a more scattered distribution, than in the natural, pure fir forests of the uppermontane region of the Alps. In afforestations of spruce and fir, outside of the coniferous region, i. e. in the lowlands and in the colline foreland of the Alps, the normal density exhibits a varying range of abundance. Generally, it remains within about the same range as in native fir forests of the *Abietetum*-type. Afforestations of silver fir and spruce at higher elevations, e. g. in the montane region of the Alps, are normally characterized by a relatively high and constant endemic population, as shown by the four examples of table 2.

c. Effects of light conditions on endemic populations

As fig. 3 points out, the abundance and frequency of an endemic aphid population is rather insignificant in open stands, i. e. in stands exposed to the admittance of much light, while in dense forests high abundance and high frequency classes predominate. An increase of endemic populations with increasing shade occasionally occurs within different sites of a stand. Thus, we found in an *Abietetum luzuletosum* forest type an abundance of 145 aphids per 10 sq. m., and a frequency of 85 %, within a denser, darker area, as opposed to 14 aphids with 57 % frequency in the typically stocked site with more admission of light. On the other hand, a somewhat open area in a *Myrtillo-Abietetum* association showed an abundance of only 80 aphids per 10 sq. m., and a frequency of 50 %, in contrast to 435 aphids with 100 % frequency within the more densely stocked site. This dependence on the density of a stand partly should be responsible for the usually low endemic infestation of natural beech-fir forests, which are, for at least part of the year, more open than pure coniferous stands.

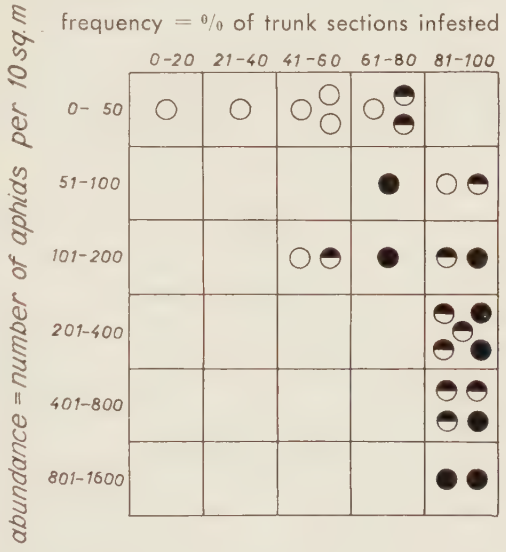

Fig. 3. Correlation between light conditions within stands and abundance and frequency of endemic populations (white circles = open stands; black — white dots = intermediate light conditions; black dots = dark stands)

d. Effects of stand humidity on endemic populations

Forests in dry sites generally show a lower endemic population than those in more humid ones. The abundance of endemic populations in rather dry forests falls in the range of 20–150 aphids per 10 sq. m. of bark surface, while in more humid forests the census in 1955 revealed 360–1,600 aphids per 10 sq. m.

e. Variations of endemic populations

An endemic population generally exhibits considerable variations in its distribution pattern on individual trees, and in its annual oscillations.

An endemic population is often sometimes more than 100-fold increased under moss and lichen carpets. Since the crawlers frequently settle here side by side, this aggregation can reach figures that almost correspond to the beginning of a mass infestation. This increased density, however, usually seems to remain locally restricted. On southerly exposed firs the aphids of the endemic stock are often confined to the shady side of the trunk. The distribution of lenticels, crevices, scars, and other favorable spots also leads to remarkable differences in the distribution pattern of an endemic population.

The heavy frost of the winter 1955/56 greatly affected the endemic populations, which were consequently much lower in 1956 than in previous years. Countings made by the end of May, 1956, in two spruce-fir afforestations at Unterägeri, previously examined in 1955, showed that the endemic population had decreased in the older forest from 280 aphids per 10 sq. m. to 17 aphids, and, in the younger forest, from 1,600 aphids in 1955 to 22 aphids in 1956. Likewise, the frequency of the endemic population, i. e. the proportion of examined trunk sections infested, was reduced to about 40 %. This loss of from 94–99 % of the endemic density during the winter 1955/56 corresponds fully to the observations made in our census plots on heavily infested trees, to be discussed later.

B. Studies on the mass infestation of single trees

If the presupposition of a potential mass infestation may be based simply on the presence of aphids, then, under Middle European conditions, every fir containing forest is theoretically subject to such an infestation. Actually, however, outbreaks occur only within a limited number of forest types, and on a limited portion of trees.

In the following, we shall discuss the various factors which are connected with the appearance and the break-down of a mass infestation.

1. Increase of population density

The development of an aphid population from the status of endemic to epidemic could not yet quantitatively be followed up under field conditions. Above all, it is still unclear which "promoting" factors or which "impeding" factors are involved in the outbreak of a mass infestation.

In order to obtain insight into the dynamics of a developing mass infestation, the following three series of experiments were carried out.

Artificial infections under large cages on trees with endemic populations

Large cylindrical cages of one meter in length, similar to those described by Delucchi (1954), were mounted on firs of 60–80 years, and 1,000 eggs of *D. piceae* introduced into each. The bark under the cage was, previous to the infestation, carefully cleaned of aphids of the endemic stock. Three trees were used in this experiment. Infection took place in May, 1954, with egg material of a mass infestation of *D. piceae* in the vicinity. Repeated controls were undertaken during 1954 and 1955 by removing small pieces of the bark and counting the living aphids under the binocular microscope.

Among the crawlers which emerged from the 1,000 eggs, only a proportion of 10–20 % became successfully established in the spring of 1954, and, thus, in early August, 1954, an adult density was to be observed which corresponded to a high endemic one. There was a concentration of the infestation directly below the upper ends of the cages. In spring, 1955, 1–3 adult hiemosistentes per 100 sq. cm. were counted at the lower parts of the cages, while the densities at the upper parts were about 10–15 adults per 100 sq. cm. In August, 1955, the check of the aestivosistentes density showed values of 20–100 adults per 100 sq. cm in the lower and middle sections of two of the three cages, whereas in the upper sections, the average density was 200–500, and locally even up to 2,000 aphids per 100 sq. cm.

The infestation developed more slowly on the third tree. In autumn, 1955, after two periods of propagations (fall, 1954, and spring, 1955) the infestation amounted to 1 aphid in the lower portions, 2–5 aphids in the upper parts, and on random areas up to 10 per 100 sq. cm.

Summarizing the result of these artificial infections under large cages, it can be stated that after two propagation periods the original population had increased about 100-fold in total, or 10-fold during each generation.

Artificial infections under small cages on trees with endemic or epidemic populations

More than 100 small cages covering areas of 15–25 sq. cm. each were established on a large number of trees, and various numbers of eggs (100–1,000) were introduced into each. Cages were established on cleaned portions of firs having an endemic aphid population as well as on firs with a current or with a vanished mass infestation. Controls were carried out by removing the cages for a short time and counting the living aphids with the help of a hand lens. Dead sistentes and old wax wool were carefully removed.

With the exception of trees having had a previous mass infestation, the artificial infections were almost always successful. Also here, only 10–20 % of the introduced material settled on the bark. Repeated controls until fall, 1955, showed that the artificial populations were able to reproduce and to maintain their densities within the small area available during, at least, two generations.

Isolations of single aphids of the endemic stock

On five trees single aphids of the endemic stock were each surrounded with a cage covering about 40 sq. cm. Isolations was undertaken in the fall of 1955 and controls were made during 1956.

While in four of the five cages no offsprings were recorded, in one case 4 aestivosistentes with a total of 60 eggs could be observed in August, 1956. As the winter conditions in 1955/56 were extremely unfavorable for the aphids, the results obtained are not representative, and a recapitulation of these experiments will be necessary.

Summarizing the results of these different tests, it becomes evident that, at least on the majority of firs of convenient age which maintained only an endemic density during the years of investigation, artificial infestations and a further increase of these populations could be achieved.

Among the factors which may have favoured the development of the caged populations protection against severe weather conditions, protection against predators, and prevention of dispersal of the offspring seem to require special consideration.

Protection against predators was certainly of minor importance, as a predator group only much limited in numbers, and particularly in species, was active during 1955, and as the density of predators is generally very low on trees with an endemic infestation.

Protection against unfavorable climatic conditions, especially against rain, was doubtless more effective. Also, winter mortality was lower in caged populations than in those on the free bark surface.

In *D. piceae* mortality amounted to between 90 and 92 % during the severe winter, 1955/56, while unprotected, dense populations suffered a loss of between 94 and 96 %. In *D. nüsslini*, f. *schneideri*, the populations under cages showed a winter mortality of between 97 and 99 %, unprotected populations of between 98,5 and 100 %. The same values for *D. nüsslini*, f. *typica* were 80 %, and 90 %, respectively.

According to investigations carried out by KLOFT (1957), the prevention of the dispersal of the offspring should also be considered as a promoting factor of the cage populations. Examining a large collection of bark samples, submitted by us, KLOFT has observed that the bark tissue of an uninfested fir tree exhibits an irregular distribution of protein which seems to be the main nutrition source of the trunk aphids. By selective staining methods, KLOFT has found that active, stainable protein was restricted almost entirely to certain spots of the bark, especially to those with an increased metabolism, as around lenticels, scars, etc. In the normal bark, on the other hand, the protein of the parenchyma appeared to be present in much a smaller amount, and in some sort of a "bound" stage. This distribution of free protein components corresponds well to the distribution pattern of the endemic density: the single aphids of the endemic stock are generally restricted to such spots of increased protein contents.

According to observations made by BALCH (1952) on balsam fir, feeding by aphids causes a local stimulation of the bark growth. KLOFT has found that on the silver fir this stimulation results particularly in a physiological activation of the protein metabolism. He observed that the parenchymatic tissues of heavily infested firs contain a large amount of free, active, stainable protein in extensive distribution, and he is inclined to suppose that the aphids themselves are able to activate directly the protein formation by inducing an enrichment of the outer tissue layers with amino acids through the injection of saliva.

If we follow the hypothesis of KLOFT, we may assume that, by enforced settlement in higher densities as produced in our cage experiments, this process of "self-conditioning" (improvement) of the nutrition medium by the aphids is favored to a certain degree, in that the "inactivated" protein of the parenchyma is more easily "liberated" by the concentrated attack of the caged population than by the scattered feeding of aphids of an endemic population.

Some support for this hypothesis is afforded by our observations on the dependence of the fecundity of the aphids upon their population density.

The results of egg counts carried out in May and June, 1955, in different stands, on trees with a mass infestation, and on trees with endemic populations, are represented in fig. 4. The samples demonstrate an average in time as well as space, and, thus, individual differences between early and advanced egg laying are eliminated.

The egg clusters of endemic populations showed an average number of 1–10 eggs per cluster, clusters with 10–20 eggs occured more seldom, and clusters with more than 25 eggs have never been observed. A portion of adults of the endemic stock was found to be without eggs at both the census periods. The average egg clusters of mass populations contained 10–20 eggs. A great portion of hiemosistentes possessed 20–30 eggs, some even 40 and more. The total amount of egg production of the hiemosistens generation was not assessed by our counts. But, as onset and termination of egg laying was the same in both the infestation types, according to our observations, it can be assumed that the sum total of egg production would have shown the same differences between endemic and epidemic populations.

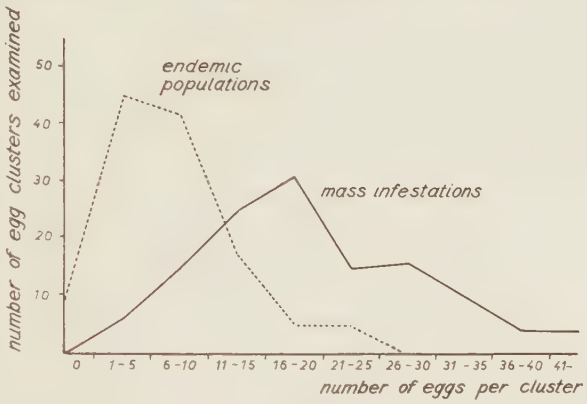

Fig. 4. Distribution of the egg numbers of aphids from trees with endemic populations and from heavily infested trees

The problem of the correlation of the fecundity of the aphids with the quality of the food supply as well as other aspects of KLOFT's interesting hypothesis, however, need further investigations.

2. *Annual population trends of a mass infestation*

To assess the annual population oscillations, a series of plots of about 1,000 sq. cm. each were established within fairly homogeneously infested areas at different sides and at different levels of single trees. From each plot several small bark samples (a few sq. cm.) were taken at random at certain time intervals (8 counts). The whole sample was carefully examined under the binocular microscope, and the living and dead stadia of the aphids were separately counted. The curves obtained in fig. 5–8 refer to mean values obtained by summarizing the densities of all samples from the different plots of a single tree and reducing the aphid density to 1 sq. cm. of bark surface. Observations commenced in early April, 1955, and were continued until spring, 1956. From a total of 12 test trees, infested by *D. nüsslini*, f. *schneideri* and *D. nüsslini*, f. *typica*, four examples representing different population trends are selected for the following discussion.

When commencing our observations, almost the entire populations of the four trees were composed of overwintering young larvae (hiemosistentes) of the first or second stage. In some cases, development had already advanced to the third instar, and, especially at Rüti, even adults were noticed. During the second half of April, the majority of the aphids completed their growth and reached maturity by the end of the month.

This period of spring development was, in most examples, accompanied by a greater reduction of the population density. Test plots of trees with a density of 50–70 hibernating larvae per sq. cm. exhibited an average de-

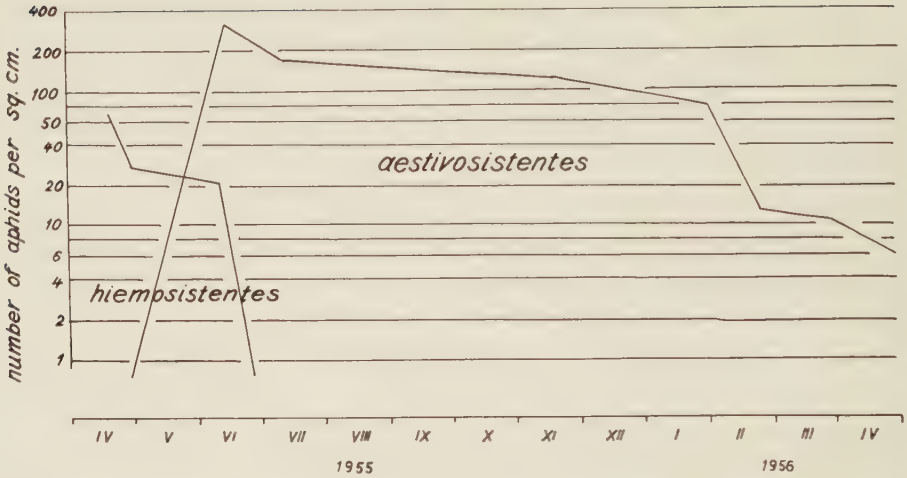

Fig. 5. Annual population oscillation of *D. nüsslini* f. *schneideri* at Rüti

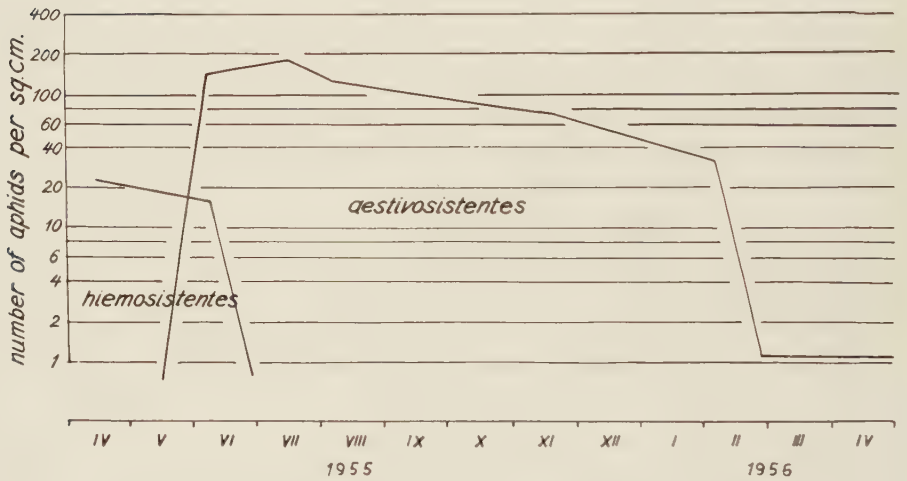

Fig. 6. Annual population oscillation of *D. nüsslini* f. *typica* at Gossau

crease of about 63 %; trees with an original density of 30–50 larvae showed an average decrease of 57 % (36–81 %); and trees with a density of 10–30 overwintering larvae suffered a decrease of 22 % (7–40 %). Thus, a certain correlation between the level of the original population density and the degree of reduction during the development period in spring is apparent. The decrease was most pronounced in populations of more than 30–40 aphids per sq. cm. (fig. 5, 6), but of decreasing significance in those with a density below this level (fig. 8).

According to numerous countings, this value of about 30–40 individuals must be regarded as the upper limit of „carrying capacity" of 1 sq. cm. of bark surface for egg laying sistentes. Every larval population, the density of which exceeds this critical threshold, is consequently *a priori* subject to a

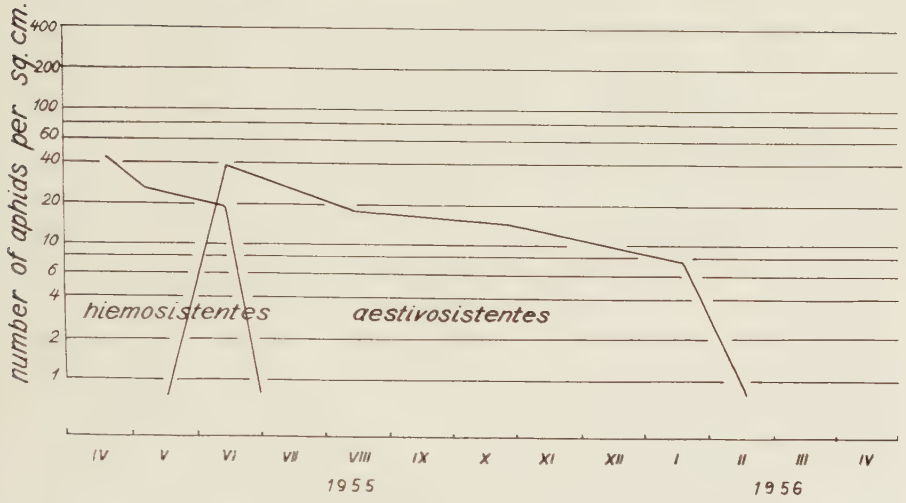

Fig. 7. Annual population oscillation of *D. nüsslini* f. *schneideri* at Horgen

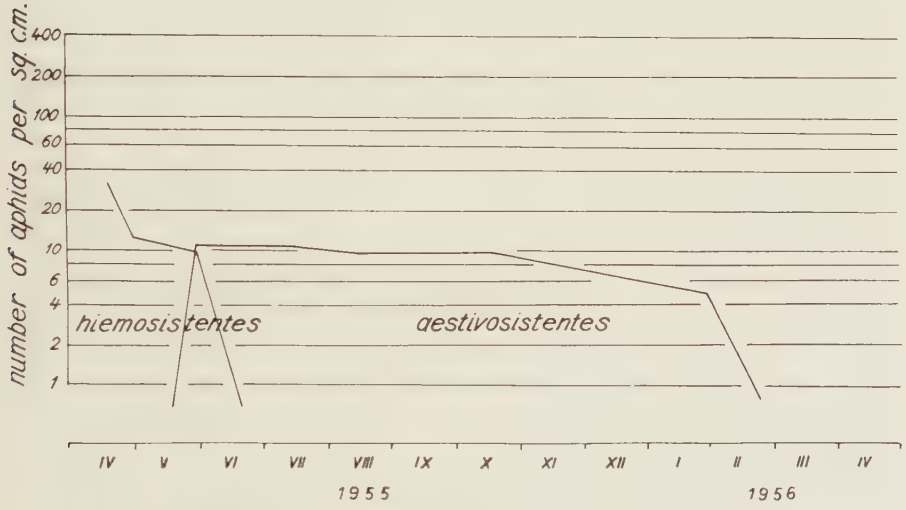

Fig. 8. Annual population oscillation of *D. nüsslini* f. *schneideri* at Toggwil

corresponding mortality due to crowding. Such a "crowding effect" among the growing larval instars could be directly observed in several of our samples. In the competition for space, the more slowly growing larvae were actually dislodged by the faster growing ones, thus depriving them from further development.

The fact, that a certain mortality also occured in larval populations exhibiting overwintering densities below this "critical value" (fig. 8) suggests that further factors were involved in the population decline during April, 1955. Predators surely hade little influence upon this decline, since most of them appear later. At the period concerned, only a few larvae of *Chrysopa* and *Leucopomyia,* and even fewer imagines of *Laricobius* and *Pullus* were active, and, at least in 1955, were present only in insignificant numbers. A

greater amount of influence may be attributed to climatic factors, especially to high rainfall, as already observed by various authors (SCHIMITSCHEK 1952, KARAFIAT and FRANZ 1956).

From the beginning of the egg laying period on, the population density of the hiemosistentes appeared to be more stabilised. During the first month of egg deposition (May), the population density decreased in each of the four plots by about 20–30 %. At Rüti (fig. 5), the number of growing aphids fell during April from 70 to 28 individuals per sq. cm., but during May, only from 28 to 22 adults. At Gossau (fig. 6), the density decreased more sligthly, and less uniformly, from April until May. At Horgen (fig. 7), the population was reduced during May from 27 to 20, and at Toggwil from 13 to 10 adults per sq. cm. (fig. 8).

This decrease proceeded at about the same rate until the first half of June. Then, at the end of the egg laying period, a rapid normal mortality of the hiemosistens population took place. By the end of the month, all hiemosistentes had disappeared.

Meanwhile, the offsprings (crawlers) were emerging, and settlement of these "neosistentes" advanced rapidly during May and June. Censuses made at the end of June, and into early July, showed that on two trees the population densities of the new generation had considerably increased in comparison to the densities of the spring populations. At Rüti, more than 300 larvae, at Gossau, about 180 larvae per sq. cm. were counted. In the two other examples shown in the figures, the density of the new generation was at about the same level (Horgen), or markedly reduced (Toggwil), compared to the old infestation.

Countings, made at random, showed a total production of about 150 eggs per sq. cm. at Toggwil, of about 700 eggs per sq. cm. at Horgen, of about 1,000 eggs per sq. cm. at Gossau, and of about 1,500 eggs per sq. cm. at Rüti. A comparison of the total egg production with the density of the neo-aestivosistentes shows that in the two latter examples about 20–25 % of the larvae had themselves successfully established on the tree concerned, while at Toggwil and Horgen only about 5–7 % of the total offspring production reinfested the test plot areas.

The above mentioned values for the density of the new generation exceeded, in the cases of fig. 5 and 6, the "maximum adult carrying capacity" of 1 sq. cm. of bark surface by 5–10 times, and, thus, a heavy crowding mortality, of 80–90 %, was to be expected during further development. Since all examples refer to the practically univoltine *D. nüsslini*, no further noticable propagation took place within 1955. The density of new larvae, now in diapause, suffered a steady decline on all trees investigated. By the end of the year, the number of larvae, most of them meanwhile in the second instar, had decreased at Rüti from more than 300 to about 80, at Gossau from 180 to 50, at Horgen from 40 to 10, and at Toggwil from 11 to 6 per sq. cm. In the two first mentioned examples, the density of the larvae ready to overwinter was consequently still higher than the "maximal adult carrying capacity". The realization of the normal process of a further heavy reduction of these populations at Rüti and at Gossau by the crowding effect, expected during larval development in the following spring, was, however, prevented by the quite abnormal temperature conditions of the winter 1955/56 (fig. 9, 10). The heavy frost in February, 1956, caused a rapid decline in all four

populations. At Rüti, only about 10 larvae per sq. cm. survived, while at Gossau, Horgen, and Toggwil the density was reduced until March to 1 larva per sq. cm., or even far below 1 aphid per sq. cm.

In the present stage of our investigations, it would be premature to give a causal interpretation of the different phases of the "intraannual population oscillations" of *D. nüsslini*, f. *schneideri* and f. *typica*. We have already discussed both phenomena of decline occuring in the spring of 1955 and during the winter of 1955/56. As to the factors involved in the slowly increasing mortality of the egg laying hiemosistentes, in the differences in egg production, in the considerable deviation of the actual density of the settled offspring from the observed egg density, and in the steady and important decline of the dormant new generation, only a few preliminary comments can be given at this time.

With regard to the influence of predators on the reduction of both generations, it can be considered as certain that their effectiveness was not sufficient to explain the marked mortality during the different periods. Compared with the predator density of 1953 and 1954, a period during which the firstnamed author was engaged in the collection work by the European Laboratory, predation was reduced in 1955 to only 10–20% as much as in the preceding years. Several species of predators, as *Cremifania*, *Leucopomyia*, *Aphidoletes*, and *Cnemodon* were almost absent, while *Pullus* was rather rare. Only *Laricobius* was more frequently encountered, but also in this case collections amounted only to approximately 30% of the previous year. Repeated countings of the predators during the control of our field plots also made it evident that predation must have been of a very minor importance in 1955. Furthermore, it must be considered that predation on *D. nüsslini* is restricted to a short period in spring, when non-dormant stages are present, as larvae in diapause are generally free from attack. Doubtless, the predators have participated to a certain extent in the mortality of the adult hiemosistentes in May, 1955, and in the diminution of the population surplus of the new generation in May and June, 1955, but the greater part of the decline shown in the population curves must, without question, be attributed to the action of other factors, not yet satisfactorily elucidated.

The different sizes of the egg clusters, and the differences in degree of the establishment of crawlers, give some indication that differences in the amount and quality of food supply, or in physiological factors of the aphid populations may have played a considerable role, especially as cage experiments, to be discussed later, support the importance of such influences. It appears that a further group of factors contributed to population decrease. Included among these are such factors as unfavorable weather conditions, especially the abnormal high precipitation during May, 1955. The effect of this factor may have been of greatest importance in the reduction of the crawler populations; also, perhaps to a lesser extent, in the elimination of the diapause stages.

3. Break-down of a mass infestation

The collapse of a mass infestation on a single tree is apparently the result of the combined action of several factors which differ in intensity from case to

case. According to our present experience, four groups of factors must be taken into account, and will be discussed in the following chapters.

a. Climatic influences

The effect of climatic factors on the population dynamics of *Dreyfusia* has been studied by several authors, most recently by KARAFIAT and FRANZ (1956) and by MERKER, EICHHORN a. KLEIST (1957). Among those, a truly

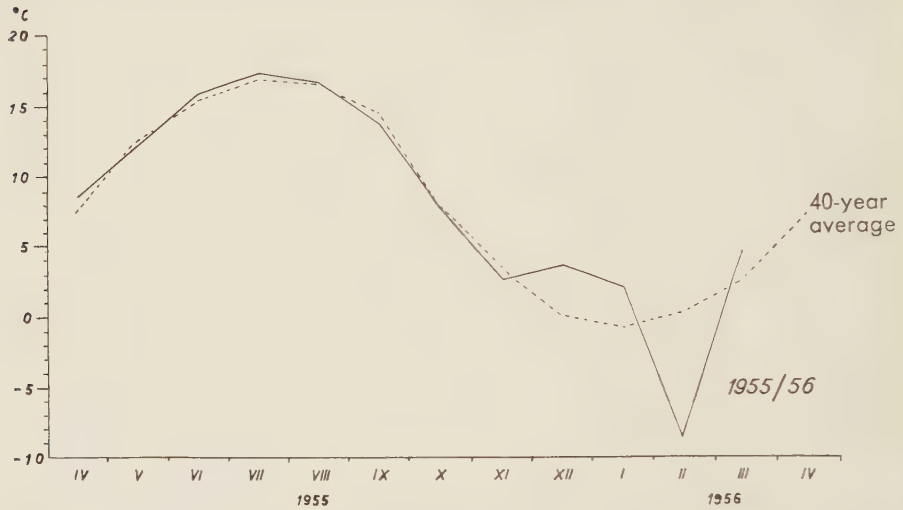

Fig. 9. Monthly mean temperatures in Zürich, Switzerland, during 1955/56, compared with the 40-years average

decisive influence causing a collapse of a mass infestation can apparently be brought about only by extreme winter conditions, such as in February, 1956 (fig. 9, 10).

As already communicated in an earlier chapter, the percentage of winter mortality in our test plots on 12 different trees in 8 different stands of eastern Switzerland was, in *D. piceae* 94–96 %, in *D. nüsslini*, f. *schneideri* 98,5–100 %, and in *D. nüsslini*, f. *typica*, around 90 %. In our observation area at Toggwil, from 25 trees with mass infestations by *D. piceae* and *D. nüsslini*, f. *schneideri*, a markedly reduced infestation of *D. piceae* remained only on one tree in 1956. In a stand near Winterthur, where 25 firs were marked as severely infested by *D. nüsslini*, f. *schneideri* in 1955, only two infested trees, one with a moderate infestation, the other with a very low, almost endemic infestation were recorded in the following year. In a number of areas kept under control since 1954 (Horgen, Saland, Aegeri, Bonstetten, all in eastern and middle Switzerland), the mass infestation of both trunk infesting forms had completely disappeared on all the 105 trees examined. A corresponding collapse of the entire infestation of *D. piceae* and *D. nüsslini*, f. *schneideri* was observed by SCHREMMER (i. l.) in the Vienna Forest, while KARAFIAT and FRANZ (1956) mentioned a reduction of 78–100 % of the "*D. piceae*" populations in Germany. In the Black Forest area of southern Germany, we observed a mortality of 85–100 % in infestations of *D. merkeri* Eichhorn. A survey by Dr. EICHHORN and us in 1956 showed the

existence of only a few moderately infested trees in an area, where previously to the severe winter of 1955/56 several dozens of heavily attacked firs were noticed.

Surprisingly enough, in Sweden, the winter mortality of *Dreyfusia* was much lower than in Middle Europe. PSCHORN-WALCHER and KRAUS (1956) recorded a loss of 50–75 % of the *D. piceae* populations. In two stands infested by *D. nüsslini*, f. *schneideri* the number of severely attacked trees declined from 1955 to 1956 from 33 to 11, and from 56 to 27, respectively.

Fig. 10. Minimal winter temperatures (January and February) during 1928—1956 (Zürich, Switzerland)

However, it must be pointed out that such extraordinarily severe periods of frost, as were responsible for the above mentioned population breakdown, generally occur under Middle European conditions only during exceptional winters. Normally, winter mortality lies far below the afore mentioned values. FRANZ and KARAFIAT (1956), for example, recorded in "*D. piceae*" populations a reduction of only 19 % for the winter 1954/55, a figure with which our observations during the winter 1956/57 are in close correspondence.

b. Role of the predators

An evaluation of the importance of the predator complex in the natural control of *Dreyfusia* populations requires a long-range analysis, including the full course of a gradation. Such an analysis was commenced by the European Laboratory in 1954. It was much handicapped, first by the substitution of the multivoltine *D. piceae* by the univoltine *D. nüsslini*, f. *schneideri* (PSCHORN-WALCHER and ZWÖLFER, 1956 b), and later by the destructive effect of the winter 1955/56, for which reason the results obtained to date are not yet communicable in details.

In the literature, considerable attention is paid to the predators as mortality factors of *D. piceae*, while their influence on *D. nüsslini* (both forms) is considered to be much less significant. This assumption seems to be justified, as the predator complex of *D. piceae* includes all the species

associated with both forms of *D. nüsslini*, but in much greater abundance, and other species as well (Pschorn-Walcher and Zwölfer, 1956 a).

Mesnil (unpublished report) mentions that, based upon observations made by Wichmann in 1950, the eggs of the spring generation of aphids suffered an average loss of 45 % through the action of predators, the total mortality of eggs amounting to 50 %. Delucchi (1954) believes that a high density of *Pullus* larvae observed by him at Naenikon was mainly responsible for a local break-down of a mass outbreak during a spring generation.

The most comprehensive statements concerning the effectiveness of the predators were published by Franz (1954, 1956), and recently by Karafiat and Franz (1956)[4]. According to these authors "the most serious limiting factors were predators and degeneration of bark, . . . both together are the 'key factors' of the break-down of the infestation under normal weather conditions". Furthermore, they state, "the periodicity of the production of wax wool is caused by the interrelations of Chermesids and their predators".

According to our opinion, these statements by Karafiat and Franz (1956), as formulated, are subject to discussion for the following reasons.

The figures and graphs given to demonstrate the decline of the populations through the action of predators on the plots accessible to them do not appear to be sufficient to support the thesis of these authors', especially as the population curves of the prey are, in general, not accompanied by the corresponding dates of the predator density. A comparison of their fig. 14 (population trend of 1954 on the unprotected plot 51 c) with fig. 9 (the corresponding trend of 1955) shows that the density of the aestivosistentes was, in November, 1955, more than twice as high (930 aphids) than in November, 1954 (400 aphids), in spite of the recorded high degree of activity of predators in 1955. Doubtless, population mortality was more pronounced on the unprotected plots than on the caged plots, but the predators were evidently not able to prevent a final increase of the aphid population to 67 aphids per sq.cm. in November, 1955, far above the critical value of the „carrying capacity" for adults, which is about 30–40 aphids per sq.cm. We have discussed the dynamical importance of this "threshold value" in an earlier chapter. Consequently, the effectivity of the predators was restricted to a portion of the enormous population surplus resulting from the high fecundity of the aphids.

We are also inclined to give another interpretation for their fig. 18 (population break-down through less marked bark reaction, but heavy predation) and fig. 19 (population break-down through the combined action of bark reaction and heavy predation). In both examples, the marked decline of the population on the unprotected plots evidently took place during late April and early May, but according to the authors' own statements (p. 483), predator activity was extremely low until the end of April, increasing during May, and reaching its maximum by the end of the month. This latter observation is in full agreement with our own phenological experiences in Switzerland.

[4] The Odenwald-infestation investigated by Franz and Karafiat in 1954/56 is given by the authors as *Dreyfusia piceae* Ratz. A microscopic and paperchromatographic examination of this infestation in 1957, however, revealed only the presence of *D. merkeri* Eichhorn (Merker, 1958).

An example of a similar case of population break-down, assumed to have been caused by predation, was already cited and illustrated by FRANZ (1954). From the series of photographs concerned (p. 122), it is evident that the principal decrease of the free stem population occured in the period between May, 7, and May, 14, 1952. From the documentation on the collections of the European Laboratory of 1952 in Switzerland and in Bavaria, however, the conclusion must be drawn that predation was very low until mid-May, and restricted to adults of *Laricobius*, and the young larvae of *Laricobius* and *Pullus*. While in the above mentioned two examples (fig. 18 and fig. 19 of KARAFIAT and FRANZ 1956), the break-down of the unprotected populations may have been brought about mostly by the recorded unsuitable bark conditions, the latter example (fig. 4 of FRANZ 1954) may be more easily interpreted by considering the heavy rains of the two days before the questionable photograph of May, 14, was taken. In the period between May, 7, and May, 14, 1952, as much as 50 mm. of precipitation was recorded from Switzerland (Zürich) and Bavaria (Augsburg), of which 29 mm. fell on May, 12, and 17 mm. on May, 13, while the monthly total rainfall of May was 80.7 mm. We are inclined to assume that, through these heavy showers constituting more than 50% of the monthly total, two days before the photograph was taken, most of the wax wool of the aphids not protected by a cage was washed off, rendering the aphids invisible to the camera, and, thus, the impression of a disappearance of the free stem population was produced. Unfortunately, there is no further picture until late June, when the spring generation had already normally died away.

Fig. 11. Photographic aspects of a caged and an unprotected aphid population in winter, 1957. — *Left:* Population protected by a cage. Undisturbed, "fresh" wax wool of dead adults of the last generations, some of them being dead since 1955. *Right:* Unprotected population on the free stem surface. Wax wool of dead adults of previous generations washed off. Hibernating young larvae not visible to the camera

According to our experience, a series of photographs (as by FRANZ, 1954), and, to a lesser extent, direct field countings with the aid of a binocular microscope (as by KARAFIAT 1955, 1957), are not appropriate means by which to determine the state of aphids hidden under wax wool (similar objections have been made by CLARK and BROWN 1955). As indicated by our fig. 11, the wax wool of caged aphids, protected against inclement weather, remains perfectly undisturbed even when the adults themselves have been dead for some time (some of the "fresh" wax wool of our picture [fig. 11], taken in the winter 1956/57, was produced by females before their death in 1955).

For these reasons, we can also not fully agree with the conclusions of FRANZ (1956) and of KARAFIAT and FRANZ (1956), based upon a set of photographs (fig. 15, p. 490) of a caged population, that "on plots free of predators, sistentes II–IV are present without cessation between April and No-

vember, as noticeable from the fresh white wax wool". A careful comparative examination of the distribution pattern of the aphids in plot 51 A (fig. 15, p. 490 of KARAFIAT and FRANZ 1956) shows undoubtedly that most of the aphids of the spring population were still present at the same place by the end of October, but according to the corresponding population curve represented by fig. 8 (p. 487), they had (and, according to their longevity, must have) been dead since early summer. This suggests that the authors had not removed the wax wool of the d e a d spring generation in their protected test plots, 51 A, and obviously also not in their other plots (fig. 16, 18, 19). Consequently, the subsequent photographs and counts give an erroneous impression of a permanent and steadily increasing population, while, in fact, the actual population trend of the caged aphids must have been similar to that of the unprotected infestation (fig. 15, p. 491). "The periodicity in the appearance of wax-wool" of '*D. piceae*' is therefore primarily the result of the production of 2–3 annual generations and the removal of the wool by rain and wind during the intervals; and is only secondarily "caused by the interrelations of Chermesids and their predators", as assumed by KARAFIAT and FRANZ.

Summarizing the present observations on the role of the predators as mortality factors of *Dreyfusia* in Europe, it appears advisible to postpone the evaluation and discussion of this complex problem, until, by further experiments on as broad a basis as possible, further particulars have been obtained.

c. Effects of bark reaction on population break-down

As already pointed out, the constant feeding activity of a crowded aphid population finally results in an histological and physiological change of the peripheral bark tissues. KLOFT (1955), who has investigated this phenomenon on numerous bark samples taken from our test plots, states with regard to this, that "in the course of a mass infestation of longer duration all the parenchymatic tissues of the peripheral layers become exhausted up to a depth of 3–4 mm". Thus, those tissues that serve to nourish the aphids collapse and the tree is not longer capable of feeding them. This response of the tree to the increased attack by *D. piceae* as well as by *D. nüsslini*, f. *schneideri* (KLOFT 1957), has been confirmed by FRANZ (1956) and by KARAFIAT and FRANZ (1956), and these authors have laid considerable stress upon this phenomenon as responsible for the termination of a mass infestation.

To verify this hypothesis, so far based only on histological investigations, t r a n s f e r e x p e r i m e n t s were undertaken in 1955 and 1956.

Egg material from trees with culminating mass infestations was transfered to three groups of firs and caged: one group of trees harbouring only an endemic density of *Dreyfusia*, a second group of trees exhibiting presently active mass infestations, and a third group of trees on which the previous mass infestation had disappeared by the year before transfer tests were undertaken. Three series of experiments, each utilizing a somewhat modified technique, were carried out in order to assess differences in the successful establishment and development of the artificial populations on the different types of trees.

Series 1

Locality: Mörsburg near Winterthur, Switzerland. Three trees of each type (with endemic density, with present mass infestation, with previous mass infestation) were artificially infested with egg material from three different localities (Gutenswil: egg material from a tree

with a heavy mass infestation of *D. nüsslini*, f. *schneideri;* Wermatswil: egg material from a tree heavily infested by *D. nüsslini*, f. *schneideri;* Meyengestell: egg material from a tree severely attacked by *D. nüsslini, schneideri* form). On June, 7, 1955, 15 cleaned plots of bark, each plot covering about 8 sq. cm., were infested with a surplus of eggs (600–800), and were then surrounded by small cages. Controls were undertaken on July, 15, August, 20, and October, 20, 1955, and continued in 1956. The first count assessed the number of neosistentes which became successfully established, and which had passed into diapause after a short period of feeding (table 3). Later counts, assessing the rate of further development of the artificial populations, are discussed following the evaluation of table 3.

Table 3

Results of transfer experiments of series 1

Origin (Locality) of infection material	Number of neosistentes per cage established on trees with		
	endemic infestation	present mass infestation	previous mass infestation
Gutenswil	150	240	78[2]
Wermatswil	60	72[2]	52[1]
Meyengestell	160	170[1]	50
average per cage	123	161	60

[1] average of two, [2] average of three infection plots

As shown by table 3, the number of aphids which had successfully settled on trees with a vanished mass infestation was in all cases lower, or even much lower, than on trees with a present endemic or epidemic infestation. On the average, about twice as many neosistentes succesfully colonized and developed in cages on trees with an endemic density, which very likely had never had a previous mass infestation, as on trees which had had a previous mass infestation. Nearly three times as many aphids were able to settle and to persist on trees with a current mass infestation as on those having had a mass infestation in the year before.

In the course of the season, on the first type of plots (endemic inf.), an average proportion of 0.5 % of the established larvae had already reached maturity in August and September, and gave rise to a small second generation, as is usually the case with *D. nüsslini*, f. *schneideri.* On the second type of plots (present mass inf.), the percentage of propagation in autumn was 2.1 %. On the third type of plots (previous mass inf.) no second generation was to be observed. In the period between the first census (mid-June) and the third (late October), the density of the caged populations decreased on both the former types of plots by 23, and 24 %, respectively, in spite of the additional new offspring (about 10 % of the total population), while, on the latter plots, on which no second generation appeared, the density decreased by about 34 %. Compared with the average decrease of from 55–60 % of the free stem populations of our observations plots (fig. 5–8) during the same period, the decline of the caged populations was obviously much lower. This was probably partly due to the relatively less crowded conditions in the cages of our series 1, as compared with the highly overcrowded plots of fig. 5 and fig. 6, and partly to the protection afforded by the cages.

At the time of the third census, 61 % (endemic inf.), 70 % (present mass inf.), and 74 % (previous mass inf.), respectively, of the neosistentes had

already reached the second instar. After the following severe winter, from a total of about 1,000 second instar larvae still living in January, only 12 reached maturity and propagated successfully in spring, 1956.

Series 2

Locality: Kuhstelle near Winterthur, Switzerland. Two trees with an endemic infestation, and three trees with a previous mass infestation of *D. piceae*, vanished the year before, were artificially infested with egg material from a single tree with a current heavy mass infestation of *D. piceae*. On September, 12, 1955, 10 cleaned plots of bark, each plot covering about 20 sq. cm., were infested with about 200 eggs each (two plots on each tree), and were then protected by small cages. A first census was made by the end of October to assess the number of successfully established larvae.

In the four cages on trees with an endemic density, an average population of 34.3 ± 5.9 aphids per cage was achieved, while, in the six cages on trees with a previously vanished infestation, only 10 ± 8.2 aphids per cage had successfully settled. The high standard deviation of the latter value is produced mainly by the abnormal results of a single cage with 25 aphids. Despite the low number of transfer tests, the above mentioned values fairly represent the differences between both the infection types. By the following winter, 94.5 % of the caged aphids were destroyed.

Series 3

Locality: Toggwil near Feldmeilen, Switzerland. Two trees with an endemic infestation, one tree with a moderate current mass infestation, and two trees with previous mass infestation of *D. piceae* were artificially infested with egg material from a tree heavily attacked by *D. nüsslini*, f. *schneideri*. By mid-May 1956, 28 cleaned plots of bark, each plot covering about 25 sq. cm., (9 on two trees with endemic infestations, 10 on a tree with a current infestation, and 9 on two trees with a vanished [1954] infestation) were each infested with four quantitatively differing groups of *D. nüsslini*, f. *schneideri* eggs; the four groups contained 100, 200, 300, and 400 eggs, respectively, some groups being represented more than a single time on a given tree. A first census was carried out in early September to assess the percentage of sucessfully established larvae, and a second census by the end of November to assess the rate of further development of the caged populations.

The results of the first count were as follows:
In the nine cages on the two trees with an endemic population (type A), an average of 14.2 % ± 8.9 of the caged infection material had survived. In the ten cages on the currently infested trees (type B), the average density achieved was 16.9 % ± 8.3. In the nine cages on the two trees with a vanished mass infestation (type C), however, the average density achieved was only 4 % ± 3.3. There were no average differences to be observed between the four groups of infections with different numbers of eggs.

Comparing the results of the infections of type A with type C, the 3-fold

Table 4

Development of the populations of series 3 after the first census

		Trees with endemic inf.	Trees with present mass inf.	Trees with previous mass inf.
Population decline since first census		28 %	17 %	11 %
Proportions of larval stadia	L 1	1 %	5 %	–
	L 2	90 %	90 %	100 %
	L 3	9 %	5 %	–

standard error is 9.48, while the difference between the means is 10.2; a similar comparison of types B and C shows a 3-fold standard error of 8.37, and a difference between the means of 12.9. Thus, in both examples, the much lower percentage of larval establishment on trees with an old, vanished mass infestation is rather significant.

The observations made at the second census in late November, 1956, concerning further development, are communicated in table 4.

In fig. 12 an attempt is made to sumarize the results of the three different transfer series described. The density obtained by artifical infections of trees with an endemic population is utilised as a comparative basis (arbitrary base value, 100) with which the values of the other two infection types are compared. The columns demonstrate that in all three test series the proportion of crawlers successfully established on trees with an old, vanished mass infestation was considerably lower than on either of the other types of trees. Once established, the course of further development and mortality, however, showed no more significant differences between the three types studied.

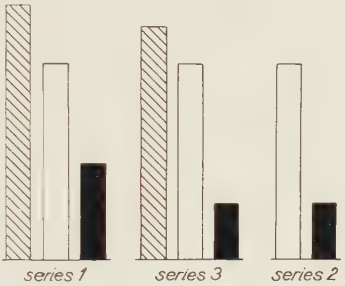

Fig. 12. Proportion of successfully established larvae in the transfer experiments of series 1—3
hatched columns = infection results on trees with current mass infestation
white columns = infection results on trees with endemic populations (used as comparative basis value)
black columns = infection results on trees with vanished mass infestations

These data suggest that the potential capacity of the bark for settlement and feeding of a new infestation was, at least, much reduced on trees already exploited during a previous attack, as assumed by KLOFT's hypothesis. It seems, however, that, when forced, a certain number of aphids are still capable of enduring the unfavorable conditions afforded by the exhausted bark layers. On the other hand, it must be taken into account that the artificial infections of series 1–3 were achieved with vigorous material coming from trees with flourishing, relatively young mass infestations. Under natural conditions, however, the progressive exploitation of the food supply seems to react secondarily upon the vitality of the aphids, as indicated in the next chapter. Consequently, the affected population may be less prepared to overcome the deteriorated nutritional conditions of the bark. From this point of view, the bark reaction phenomenon, in agreement with KLOFT and KARAFIAT and FRANZ, may, in fact, be regarded as one of the "key factors" of the population break-down of silver fir trunk aphids.

d. Symptoms of "physiological retrogression" of the aphid population

When equivalent numbers of eggs from different phases of a single mass infestation were transfered to, and encaged side by side on single trees with either an endemic population or a current mass infestation, differences in the densities of the successfully established neosistentes were observed. While infestation material collected from trees with an endemic density or with a current mass infestation resulted in a population density of about the

same level as in the experiments mentioned in the foregoing chapter, the infestation material collected on trees with a regressing population proved to be distinctly less successful as regards the percentage of establishment. In the four series of experiments, so far undertaken, the proportion of the established larvae was generally 20–80 % lower with egg material from a collapsing population than with egg material from a flourishing, current mass infestation, or with material from an endemic stock, when transfered to, and compared on, the same tree.

The experiments hitherto carried out cannot be considered as a sufficient basis for evaluation with regard to their significance in the break-down of a mass infestation. However, the parallels in the results of the four test series, although varying in a wide range, seem to indicate that the offspring of a ceasing population probably are less vigorous, and, thus, less successful in settlement and further development.

This presumed "physiological retrogression" of an aphid population toward the end of a mass outbreak evidently cannot be explained by internal, inherited factors, as the species concerned are parthenogenetic in their reproduction[5]. This phenomenon must probably be interpreted as a response of the constitution of the aphid population due to the decreasing food supply, and resulting in an increased early mortality among the less vigorous offspring.

An analogous type of response to unfavorable environmental conditions can be seen in the occurence of "dwarfish" hiemosistentes with a considerably reduced fecundity, as observed in spring, 1956, in populations of *D. piceae* which had suffered heavily from the previous severe frost period. The reproductive rate of the following (aestivosistens) generation was already of normal size again.

C. Observations on mass infestations within different stands

In many cases, mass infestations occur simultaneously on a group of trees within a stand. However, seldom more than a quarter or a third of the firs suitable in age and in bark conditions to infestations become infested during the course of an outbreak period, i. e. during a period of several years. Such was the case, for example, in an afforested spruce-fir forest near Feldmeilen, in which, out of a stand of 125 firs, 36 trees were infested more or less heavily in the period between 1952 and 1956. A survey by Pschorn-Walcher and Kraus (1956) in Sweden yielded similar results. A 40 years-old stands of *Abies alba* contained, in 1955/56, 33 trees out of 100 that were severely attacked by *D. nüsslini*, f. *schneideri*. Another stand, of 50 years of age, contained 56 infested firs out of 168 trees.

In general, faster growing trees, with higher trunk diameters, are more exposed to mass infestations by each of the trunk aphids, than are smaller firs. A diagram to demonstrate these preferences has been already given by

[5] In our opinion, also in bisexually reproducing species a "genetic population degeneration" and collapse through the strengthening and spreading of unfavorable recessive characteristics, as outlined by Franz (1949), doesn't seem to be plausible. According to the present laws of heredity, it is difficult to understand by which mechanisms recessive lethal factors should become homozygous to such an extent that they become finally superabundant and eradicate almost the entire population.

Pschorn-Walcher and Zwölfer (1956, b). Corresponding observations were made by Balch (1952) with *Abies balsamea* in Canada.

The relationship between abundance and frequency of endemic populations and mass outbreaks is represented in fig. 2; black dots refering to stands with a mass infestation. As a rule, forests with a high and uniformly distributed endemic population show also a greater tendency toward mass outbreaks. This correlation points toward an "autochthonous" origin of mass outbreaks.

The relationship between forest conditions and the tendency toward mass infestations is illustrated by table 2. As this table represents only part of the sites examined by us, the data presented need some additional comments.

First, it is apparent, and proved by further observations, that the tendency toward mass outbreaks is less pronounced in natural forest types than in afforested, pure coniferous stands. The six indigenous beech-fir forests listed in table 2 were found to be entirely free of mass infestations. These findings are somewhat limited in meaning, since in other stands of that type single infested trees were, at least occasionally, to be recorded. Nevertheless, it can be stated that natural beech-fir forests, with their generally low endemic populations (table 1), are only seldom affected by mass outbreaks of trunk aphids. Of the seven indigenous silver fir forests listed in table 2, two stands (marked by an asterisk) exhibited groups of heavily attacked trees. The table indicates further that, at least on single trees, current mass infestations were to be found in the majority of the examined fir forests afforested outside of the natural distribution area of *Abies alba*, i. e. in the lowland and the colline zone of Middle Europe.

In summary, it can be stated that the ecological range in which mass outbreaks of trunk aphids can occur is a rather wide one, but is nevertheless ecoclimatologically more restricted than the distribution of normal, endemic populations. In both species, *D. piceae* and *D. nüsslini*, f. *schneideri*, populations can rise to epidemic densities in the range of elevations between 300 and 1,300 m. Climatically, this gurdle involves a range of temperature from 9.5 to 4.5 degrees centigrade (annual average), and of 700–1,800 mm. annual precipitation. Botanically, this area comprises the entire group of mesophilous, deciduous forest associations *(Fagetum silvaticae)*, and, thus, extends from the afforested fir stands in the lowland and the colline zone, over the natural and artificial fir forests of the montane zone up to the boundary of the subalpine spruce-larch associations *(Piceion excelsae)*.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit stellt die wesentlich erweiterte Fassung eines gleichlautenden, am X. Internationalen Entomologenkongreß im Montreal (1956) gehaltenen Vortrags dar. Teilergebnisse wurden schon früher in deutscher Sprache an anderer Stelle zitiert (Pschorn-Walcher und Zwölfer 1956 b).

Die dort gegebene provisorische Neueinteilung der an Weißtanne lebenden *Dreyfusia*-Arten wird beibehalten. Die als *D. piceae*, forma *aggressiva* ausgeschiedene, von Merker und Eichhorn (1956) als „Freiburg-Form" definierte Laus hat jedoch als neue Art *(D. merkeri* Eichhorn) zu gelten, wie

Eichhorn (1957, 1958) inzwischen nachweisen konnte. Die Morphologie der Junglarven, Variabilität, Biotopbindung, Ökologie, Räuberfauna und Verbreitung der einzelnen Arten und „Formen" *(D. picea,* f. *typica* = „typische Tannenstammlaus"; *D. piceae,* f. *canadensis* = eingeschleppte Populationen an Balsamtanne in Nordamerika; *D. merkeri* = an Tannen aller Altersklassen bei Freiburg i. Br. u. im Odenwald; *D. nüsslini,* f. *typica* = „typische Tannentrieblaus"; *D. nüsslini,* f. *schneideri* = Trieblauspopulationen am Stamm von Alttannen) wird stichwortartig behandelt, und die wirtschaftliche Bedeutung der *Dreyfusia*-Vertreter wird erörtert.

Untersuchungen über den „eisernen Besatz" der beiden stammbewohnenden Arten *(D. piceae,* f. *typica, D. nüsslini,* f. *schneideri)* in 27 Waldbeständen ergaben:

a. Im Untersuchungsgebiet (Ostschweiz, Vogesen) weist nahezu jede ältere Tanne Einzelbefall auf.
b. Die „Abundanz" (Zahl der Läuse pro Rindeneinheit) und „Frequenz" (Prozentsatz an befallenen Probestämmen) des eisernen Bestandes sind positiv miteinander korreliert.
c. Lichte, trockene Waldtypen weisen einen schwächeren eisernen Besatz auf als dichte, feuchte Bestände.
d. Buchen-Tannenwälder sind im allgemeinen „schwächer verlaust" als reine Nadelholzwälder tieferer oder höherer Lagen.
e. Der eiserne Besatz erfuhr durch den strengen Winter 1955/56 eine Reduktion um 94–99 %.

Untersuchungen über die Massenvermehrung am Einzelbaum und im Bestand ergaben:

a. An Bäumen, die nur einen „eisernen Besatz" aufwiesen, konnte in 1 m Stammabschnitt umfassenden Großkäfigen durch Infektion mit 1000 Eiern nach Verlauf von 2–3 Generationen eine lokale Massenvermehrung erreicht werden.
b. Nach Untersuchungen von Kloft (1957) scheint das (in solchen Fällen erzwungene) „Zusammenbleiben" der Läuse einen den raschen Populationsanstieg begünstigenden Faktor darzustellen, indem durch verstärkte Saugtätigkeit die „Eiweißaktivierung" und damit die Nahrungsgrundlage für die Läuse vorerst verbessert wird.
c. Tiere vom Massenbefall weisen eine wesentlich höhere Eiproduktion auf als Läuse vom eisernen Besatz, was mit der erwähnten Hypothese von Kloft erklärt werden könnte.
d. Der jährliche Populationsverlauf von *D. nüsslini,* f. *schneideri* zeigt an dicht besiedelten Stämmen eine hohe „Crowdingmortalität" während der frühjährlichen Wachstumsperiode der Hiemosistentes. 30–40 Adulte pro cm^2 Rindenfläche stellen die „raummäßig tragbare Dichte" des Besatzes dar.
e. Die großen Differenzen zwischen der Zahl der abgelegten Eier und der sich festsetzenden Junglarven deuten auf eine hohe Sterblichkeit dieser Stadien hin. Dennoch stieg der Larvenbesatz der neuen Generation an der Mehrzahl der Bäume weit über die „kritische Adultendichte" an und war zu Beginn des Winters 1955/56 in der Hälfte der Fälle, trotz der inzwischen erfolgten Verminderung durch allgemeine Mortalitätsfaktoren um ca. 50–75 %, noch immer wesentlich höher.

f. Der für das folgende Frühjahr zu erwartende weitere Abfall durch „Larvencrowding" unterblieb jedoch, da der außergewöhnliche Frost den Besatz nahezu zum Verschwinden brachte.

g. Die Rolle der Räuber, die Franz (1954, 1956) und Karafiat und Franz (1956) sehr hoch einschätzen, wird erörtert. Der von den genannten Autoren in ihren Freilandversuchen auf Räubereinwirkung zurückgeführte Populationszusammenbruch von *„D. piceae"* (nach Merker 1958, *D. merkeri* Eichhorn) muß unseres Erachtens nach vorwiegend durch andere (klimatische und physiologische) Ursachen bedingt gewesen sein.
Die durch Photoserien belegte, an ungeschützten Stämmen zu beobachtende Periodizität in der Bildung der Wachswolle soll nach Karafiat und Franz durch Räubereinfluß verursacht werden, während in eingekäfigten Populationen die Vermehrung und die Wachswolleproduktion die ganze Vegetationszeit über anhalten soll. Der Eindruck einer kontinuierlichen sommerlichen Weiterentwicklung dürfte jedoch lediglich durch die unter Käfigschutz erhalten bleibende Wachswolle der mittlerweile abgestorbenen Frühjahrsgeneration hervorgerufen worden sein.

h. Die durch mehrere Jahre fortgesetzte Saugetätigkeit der Läuse führt nach Kloft (1955) und Franz (1956) zum allmählichen Verfall des Rindenparenchyms und damit zur Erschöpfung der Nahrungsbasis. In Übereinstimmung damit ergaben drei eigene Versuchsserien, daß an Bäumen mit früherem Massenbefall eine Wiederansiedlung von Jungläusen nur mehr schwer zu erreichen ist.

i. Als Folge der sich verschlechternden Nahrungsbedingungen scheint eine Verringerung in der Vitalität der Nachkommenschaft der Läuse aufzutreten. Jedenfalls zeigten Jungläuse einer vor dem Zusammenbruch stehenden Population geringere Fähigkeiten sich erfolgreich festzusetzen als Tiere vom eisernen Bestand oder aus einer „frischen" Massenvermehrung.

k. Der Massenbefall im Bestand tritt meist horstweise auf, wobei vorwüchsige Tannen bevorzugt werden. Gemischte Bestände sind weniger dem Massenbefall ausgesetzt als reine, aufgeforstete oder natürliche Nadelholzwälder.

References

Annand, P. N., 1928: A contribution toward a monograph of the Adelginae (Phylloxeridae) of North America. Stanford Univ. Un. Ser. Biol. Scienc., VI (1), 1–146.

Balch, R. E., 1952: Studies of the Balsam woolly aphid, *Adelges piceae* Ratz., and its effects on Balsam fir, *Abies balsamea* (L.) Miller. Canada Dept. Agric. Publ. No. 867, 67 pp.

— 1953: Susceptibility of species of fir to Balsam woolly aphid, *Adelges piceae* Ratz. Bimonthly Progress Report. Division of Forest Biology, Dept. of Agric., Canada, 9, (4).

— 1956: Damage caused by balsam woolly aphid. Bimonthly Progress Report, Div. of For. Biol., Dept. of Agric., Canada, 12 (5), p. 1.

Balch, R. E., R. C. Clark and N. R. Brown (1956): *Adelges piceae* Ratz. and its biological control in Canada. Report to the Xth Internat. Congress of Entomology, Montreal, 1956.

Boerner, C., 1908: Eine monographische Studie über die Chermiden. Arb. Kais. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstw., VI, 81–320.

— 1932: Aphidoidea, Blattläuse. In: Sorauers Handbuch d. Pflanzenkrankh., II., 684 pp.

— 1952: Europae centralis Aphides (Die Blattläuse Mitteleuropas) Namen, Synonyme, Wirtspflanzen, Generationszyklen. Schrift. d. Thüring. Landesarbeitsgemeinschaft f. Heilpflanzenkde. u. Mitt. d. Thüring. Bot. Gesellsch., 484 pp.

Clark, R. C., N. R. Brown and B. C. Smith, 1955: Studies on *Adelges piceae* Ratz. and

its predators. Interim Report 1954, Forest Biology Division, Dept. of Agric., Canada (unpublished).

Delucchi, V., 1954: *Pullus impexus* Muls. (Coleoptera, Coccinellidae) a predator of *Adelges piceae* Ratz. (Hemiptera, Adelgidae), with notes on its parasites. Bull. Ent. Res. 45, 243–278.

— 1955: Note generali sui predatori di *Dreyfusia piceae* Ratz. e sui loro parasiti. Boll. del Laborat. di Zoologia Generale e Agraria „Filippo Silvestri", Portici 33, 283–302.

Dowden, P. B. (1956): Present status of the balsam woolly aphid in the United States. Report to Xth Internat. Congress of Entomology, Montreal, 1956.

Eichorn, O., 1955: Eine neue Tannenlaus in Baden-Württemberg. Allg. Forst- u. Jagdzeitung, 126, 93–94.

— 1957: Eine neue Tannenlaus der Gattung *Dreyfusia (Dreyfusia merkeri* nov. spec.). Zeitschr. f. angew. Zoologie, 44, 303–348.

— 1958: Morphologische und papierchromatographische Untersuchungen zur Artentrennung in der Gattung *Dreyfusia* C. B. (Adelgidae). Z. angew. Ent., 42, 278–283.

Francke-Grosmann, H., 1937: Zur Morphologie der Tannenlaus *Dreyfusia prelli* Grosmann und ihrer Galle auf *Picea orientalis* Lk. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 47 (9), 465–482.

— 1937: Zur Kenntnis der Läuseschäden an Weißtanne *(Abies pectinata).* Tharandter Forstl. Jahrb. 87, 1050–1082.

— 1938: Über *D. picea* an ausländischen Tannenarten. Tharandter Forstl. Jahrb. 89, 35–49.

Franz, J., 1949: Über die genetischen Grundlagen des Zusammenbruchs einer Massenvermehrung aus inneren Gründen. Z. angew. Ent. 31, 228–260.

— 1954: Zum Vorkommen und Massenwechsel der Tannenstammlaus *Adelges (Dreyfusia) piceae* Ratz. in Nordamerika und Europa. Verhandl. Deutsch. Ges. angew. Entom. (1952), 117–124.

— 1956: Natürliche Feinde und Nährpflanze als biozönotische Begrenzungsfaktoren bei Gradationen der Tannenstammlaus *Adelges (Dreyfusia) piceae* Ratz. Mitt. Biol. Bundesanst. f. Land- u. Forstw., 85, 27–30.

— (1956): The effectiveness of predators and food as factors limiting gradations of *Adelges (Dreyfusia) piceae* Ratz. in Europe. Report to the Xth Internat. Congress of Entomology, Montreal, 1956.

Hoffmann, C., 1938: Freilandstudien über Auftreten, Bionomie, Oekologie und Epidemiologie der Weißtannenlaus *Dreyfusia (Chermes) nüsslini* C. B. Z. angew. Ent. 25, 1–56.

— 1939: Untersuchungen über die Weißtannenlaus *(Dreyfusia) Chermes nüsslini* C. B. Forstw. Centralbl. 61, 137–221.

Inouye, M., 1953: Monographische Studie über die japanischen Koniferen-Gallenläuse (Adelgidae). Bull. Hokkaido For. Exp. Stat., 15, 105 pp.

Karafiat, H., 1955: Neue Wege der Populationsanalyse an rindenbewohnenden Arthropoden. Nachrichtenbl. d. deutsch. Pflanzenschutzdienstes, 7, 133–136.

— 1957: Zur Methodik der Massenwechsel-Untersuchung an sessilen Arthropoden. Z. f. Pflkrkht. u. Pfl.-Schutz., 64, 663–676.

Karafiat, H. u. J. Franz, 1956: Studien zur Populationsdynamik der Tannenlaus *Adelges (Dreyfusia) piceae* Ratz. (Hemipt., Adelgidae). Zool. Jahrb., Abtg. Syst. Oekol. Geogr., 84, 467–504.

Kloft, W., 1955: Untersuchungen an der Rinde von Weißtannen *(Abies pectinata)* bei Befall durch *Dreyfusia (Adelges) piceae* Ratz. Z. angew. Ent. 37, 340–348.

— 1957: Further investigations concerning the interrelationship between bark condition of *Abies alba* and infestation by *Adelges piceae typica* and *A. nüsslini schneideri.* Z. angew. Ent., 41, 438–442.

Kotschy, K., 1958: Zum Auftreten der Tannentrieblaus *(Dreyfusia nüsslini* C. B.) im Salzkammergut. Allg. Forstzeitung, 69, Folge 1/2.

Kuoch, R., 1954: Wälder der Schweizer Alpen im Verbreitungsgebiet der Weißtanne. Mitt. d. Schweiz. Anst. f. d. forstl. Versuchswesen, 30, 133–314.

Marchal, P., 1913: Contribution à l'étude de la biologie des Chermes. Ann. Scienc. Nat., Zool., 9. Ser., Tome 18, 153–385.

Merker, E., 1958: Chromatographische Artbestimmung bei Tannenläusen der Gattung *Dreyfusia.* Die Naturwiss., 45, 118–119.

Merker, E. u. O. Eichhorn, 1955: Zur Biologie der gefährlichen Tannenläuse und ihre Unterscheidungsmerkmale im Freien. Allgem. Forst- u. Jagdzeitung, 126, 95–108.

— u. — 1956: Die Formenkreise der gefährlichen Tannenläuse, Gattung *Dreyfusia (Adelges).* Die Naturwissenschaften, 43, 453–454.

Merker, E., Eichhorn, O. u. Kleist, I., 1957: Die vernichtende Wirkung von klimatischen Kälteeinbrüchen auf Tannenläuse der Gattung *Dreyfusia.* Z. angew. Ent., 41, 333–352.
Pschorn-Walcher, H. u. M. Kraus (1956): Notes on the predators of *Dreyfusia (Adelges) piceae* and *D. nüsslini* in Sweden. Report to the Xth Internat. Congress of Entomology, Montreal, 1956.
Pschorn-Walcher, H. u. H. Zwölfer, 1956 a: The predator complex of the White-fir woolly aphids (Genus *Dreyfusia,* Adelgidae). Z. angew. Ent., 39, 63–75.
— u. — 1956 b: Neuere Untersuchungen über die Weißtannenläuse der Gattung *Dreyfusia* C. B. und ihren Vertilgerkreis. Anzeiger f. Schädlingskde. 29, 116–122.
Schimitschek, E.: 1952: Zum Massenauftreten der Tannentrieblaus *Dreyfusia nüsslini* C. B. in Österreich. Der land- u. forstw. Gutsbetrieb, Nr. 7.
Schneider-Orelli, O., 1945: Weitere *Dreyfusia*-Untersuchungen. Mitt. Schweiz. Anst. f. forstl. Versuchswesen, 24, 105–131.
Schneider-Orelli, O., C. Schaeffer u. R. Wiesmann, 1929: Untersuchungen über die Weißtannenlaus *Dreyfusia nüsslini* C. B. in der Schweiz. Mitt. Schweiz. Centralanst. f. d. forstl. Versuchswesen, 15, 191–242.
Schneider-Orelli, O. u. F. Schneider, 1954: *Dreyfusia*-Befall an Abies pindrow im Nordwesthimalaya. Mitt. schweiz. ent. Ges. 27, 413–422.
Schremmer, F., 1956: Über ein Vorkommen der Tannenstammlaus *Dreyfusia (Adelges) piceae* Ratz. im Wienerwald und ihren Vertilgerkreis. Pflanzenschutzberichte, 16, 49–69.
Varty, I. W., 1956: *Adelges* insects of Silver fir. Forestry Commission, Bull. No. 26, Edinburgh, 75 pp.
Zwölfer, W., 1954: Zum Stand des Auftretens der bösartigen Tannenlaus, *Dreyfusia nüsslini* C. B. in Bayern. Allg. Forst- u. Jagdzeitung, 125, 191–192.

Aus dem Forstzoologischen Institut der Universität Freiburg i. Brg.

Morphologische und papierchromatographische Untersuchungen zur Artentrennung in der Gattung *Dreyfusia* C. B. *(Adelgidae)*

Von Otto Eichhorn

Untersuchungen in den letzten Jahren (Eichhorn 1956, Pschorn-Walcher und Zwölfer 1956, Merker und Eichhorn 1956) haben ergeben, daß die Artentrennung innerhalb der Gattung *Dreyfusia* nicht immer so einfach zu handhaben ist, wie es nach den klassischen Arbeiten von Börner (1908), Marchal (1913) und Schneider-Orelli und seinen Mitarbeitern (1929) zu erwarten war. Es wurde nämlich im Schwarzwald eine Lauspopulation angetroffen, die morphologisch eine zwischen den beiden Weißtannenläusen, *D. piceae* Ratz. und *D. nüsslini* C. B. vermittelnde Stellung einnimmt; sie wurde von Pschorn-Walcher und Zwölfer vorläufig als *D. piceae, forma aggressiva,* von Merker und Eichhorn als *D. piceae,* „Freiburger Form", ausgeschieden. Umfangreiche morphologische, biologische und ökologische Untersuchungen und insbesondere der Migrationstest erlaubten es Eichhorn (1957), diese Laus als eigene gute Art, *D. merkeri* Eichhorn, zu beschreiben. Die Neugliederung der Gattung *Dreyfusia* blieb nicht unwidersprochen (Diskussionsbeitrag von J. Franz am Entomologenkongreß in Montreal, 1956). Seit unserer letzten Arbeit (Eichhorn 1957) war es möglich, weiteres *Dreyfusia*-Material aus verschiedenen geographischen Regionen mittels der von uns (Pschorn-Walcher u. Zwölfer 1956, Merker u. Eichhorn 1956) entwickelten statistisch-morphologischen Methode auf die Gültigkeit unserer Neugliederung hin zu überprüfen. Außerdem wurde seit 1956 versucht, mittels papierchromatographischer Methoden die morphologischen Befunde physiologisch zu unterbauen. Die nach beiden Verfahren gewonnenen Ergebnisse decken sich einwandfrei; sie sollen im folgenden kurz erörtert werden.

1. Statistisch-morphologische Untersuchungen

Methode: Die Untersuchung erfaßte die spinalen Porenplatten von Mittel- und Hinterbrust und der ersten drei Abdominalsegmente der Neosistens-Larven (Abb. 1). Beurteilt wurden besonders die Stärke der Sklerotisierung der Platten, die Sichtbarkeit der Porenfelder im mikroskopischen Präparat, die Form des „Mittelfeldes" der Porenplatten („Grübchen" bei *D. nüsslini,* „central gland area" nach Pschorn-Walcher und Zwölfer 1958) und ferner die Zahl der in diesen 10 Mittelfeldern sichtbaren Poren (siehe Beispiel in Abb. 1). Die mikroskopischen Präparate wurden nach der Milchsäure-Methode angefertigt. Insgesamt wurden bei *D. piceae, f. typica* 353 Larven von Populationen aus der Ostschweiz, dem Nordschwarzwald, aus Niederösterreich und Sizilien, bei *D. piceae f. canadensis* drei Populationen (200 Läuse) von Ostkanada, bei *D. prelli* 481 Tiere von Frei-

Abb. 1. Links: Neosistens von *Dreyfusia merkeri*, ausgezählte Spinalplatten weiß umrandet. Vergr. etwa 150 ×. — Rechts: Detailansicht der spinalen Porenplatten von Mittel- u. Hinterbrust (II u. III) und der ersten drei Abdominalsegmente (1—3). Untersuchte „Mittelfelder" stärker umrandet, ausgezählte Poren schattiert. Gesamtporenzahl 44.

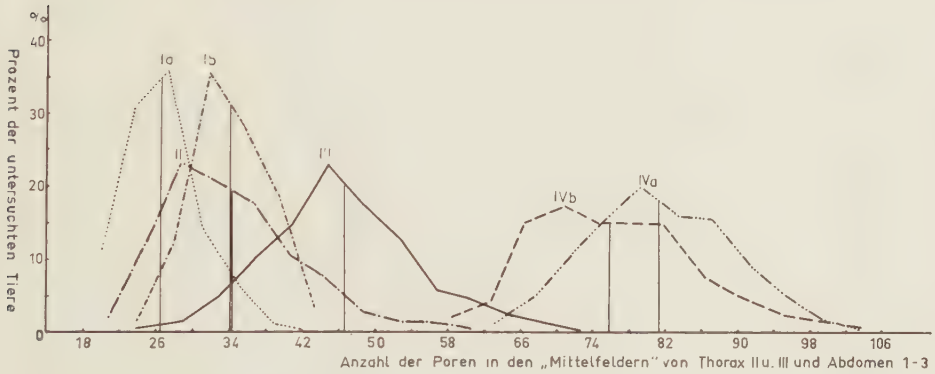

Abb. 2. Die Streubreite der Porenzahl in den zehn ausgezählten Mittelfeldern der Spinalplatten der *Neosistentes* der Arten und Formen der Gattung *Dreyfusia* (vergl. Anordnung in Tab. 1).
Anmerkung: Die Senkrechten geben die durchschnittliche Anzahl der Poren (mit der Anzahl der Einzelwerte gewogenes arithm. Mittel) an.

burg, Weinheim und Kassel, bei *D. merkeri* 1113 Erstlarven aus zahlreichen Lausherden des Südschwarzwaldes, des Odenwaldes, aus Oldenburg und Wien, bei *D. nüsslini, f. typica* 460 Läuse von zahlreichen Schwarzwald- und Vogesen-Standorten und bei *D. nüsslini, f. schneideri* schließlich 230 Tiere aus der Ostschweiz, dem Schwarzwald, den Vogesen und der Slowakei ausgezählt.

Für anregende Diskussionen und die stete Unterstützung mit Material bin ich den Herren des European Laboratory of the Commonwealth Institute of Biological Control,

Herrn Professor L. P. Mesnil, Herrn Dr. H. Pschorn-Walcher und Herrn Dr. H. Zwölfer (Delémont, Schweiz) sehr verbunden. Dank schulde ich ferner meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Prodan, der mich in statistischen Fragen beriet, Herrn Wichmann (München) für süditalienisches *Dreyfusia*-Material; ferner Frau E. Kullmann, die mich bei der Anfertigung der Chromatogramme unterstützte und die Abbildung 3 zeichnete, und Fräulein I. M. Ruland für die Abb. 1 rechts und 2.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich für die Förderung der Arbeit.

Tabelle 1

Die Porenzahl in den „Mittelfeldern" der spinalen Platten der Mittel- und Hinterbrust und der ersten drei Hinterleibssegmente

	Untersuchtes Material	n	A.M. ± m	Extreme
Ia	*Dreyfusia piceae* Ratz., *forma typica*			
	Ostschweiz, W.-Ta., 80j., Stamm	100	24,2 ± 0,29	18–31
	Süditalien, W.-Ta., 90j., Wasserreis	70	26,9 ± 0,42	21–36
	Ostschweiz, von 60j. W.-Ta. auf 4j. W.-Ta. umgesetzt	100	28,6 ± 0,51	18–42
Ib	*Dreyfusia piceae* Ratz., *forma canadensis*			
	Fredericton (N.B.), B.-Ta., Stamm	100	34,1 ± 0,36	26–44
	Fredericton (N.B.), B.-Ta., Stamm	50	34,3 ± 0,65	27–43
	Fredericton (N.B.), B.-Ta., Stamm	50	33,8 ± 0,71	22–45
II	*Dreyfusia prelli* Gros.			
	Freiburg, N.-Ta., 40j., Krone	100	34,8 ± 0,90	19–59
	Freiburg, N.-Ta., 50j., Krone	100	34,1 ± 0,54	21–54
	Freiburg, von N.-Ta. auf 4j. W.-Ta. umgesetzt	44	35,3 ± 1,26	22–56
III	*Dreyfusia merkeri* Eichhorn			
	Schwarzwald, W.-Ta., 50j., Krone	100	44,6 ± 0,63	30–63
	Odenwald, W.-Ta., 50–70j., Stämme	100	43,7 ± 0,69	27–59
	Schwarzwald, W.-Ta., 5j., Triebe	100	41,0 ± 0,69	26–62
IVa	*Dreyfusia nüsslini* C. B., *forma typica*			
	Schwarzwald, W.-Ta., 12j., Trieb	100	82,3 ± 0,76	63–100
	Schwarzwald, W.-Ta., 13j., Trieb	100	77,7 ± 0,79	62–104
	Freiburg, N.-Ta., 20j., Trieb	100	86,8 ± 0,62	75–103
IVb	*Dreyfusia nüsslini* C. B., *forma schneideri*			
	Schwarzwald, W.-Ta., 100j., Stamm	100	73,1 ± 0,75	57–92
	Vogesen, W.-Ta., 50j., Stamm	50	72,7 ± 0,86	61–84
	Ostschweiz, W.-Ta., 90j., Stamm	50	82,5 ± 1,21	63–104

Anmerkung: W.-Ta. = Weißtanne, N.-Ta. = Nordmannstanne, B.-Ta. = Balsamtanne.

In den Tab. 1 u. 2 und in der Abb. 2 sind die Ergebnisse der vergleichend morphologischen Untersuchung der verschiedenen Arten und Formen der Gattung *Dreyfusia* zusammengestellt. Aus Tab. 1, die für jede Art nur drei Populationen bringt, und aus Abb. 2, die alle untersuchten Tiere enthält, geht deutlich hervor, daß die drei an *Weißtanne* lebenden *Dreyfusia*-Arten *(D. piceae, D. merkeri* u. *D. nüsslini)* morphologisch-statistisch einwandfrei zu trennen sind. Diese Trennung wird ferner gestützt durch die allgemein morphologischen Kennzeichen (Tab. 2).

Zu den einzelnen Arten sei folgendes bemerkt:

1. *D. piceae, forma typica* zeigt eine für ihre geringe Porenzahl relativ große Schwankung des Mittelwertes (Tab. 1). Von 60jährigen Tannenstämmen auf 4jährige Topftannen umgesetzte Läuse hatten eine etwas

Tabelle 2

Allgemein-morphologische Kennzeichen der Sistens-Erstlarven

		Chitinisierung	Form des „Mittelfeldes"	Poren des Zählbarkeit	„Mittelfeldes" Form
Ia	*Dreyfusia piceae* Ratz., *forma typica*	schwach	dreieckig	meist erst nach Anfärb.	verschieden groß, polygonal, selten rund
Ib	*Dreyfusia piceae* Ratz., *forma canadensis*	kräftig	meist dreieckig	relativ gut	
II	*Dreyfusia prelli* Gros.	sehr kräftig	oft abgerundet	sehr gut	sehr variabel, meist polygonal, z. T. rund
III	*Dreyfusia merkeri* Eichh.	kräftig	oft abgerundet	gut	verschieden groß, polygonal oder rund
IVa	*Dreyfusia nüsslini* C. B., *forma typica*	kräftig	rundlich-oval „Grübchen"	sehr gut	klein und rund
IVb	*Dreyfusia nüsslini* C. B., *forma schneideri*	kräftig	rundlich-oval „Grübchen"	sehr gut	

höhere Porenzahl und waren auch kräftiger chitinisiert als die Ausgangspopulationen (Tab. 1, dritte Population).

2. Bei *D. merkeri* konnte eine durch das Alter der Nährpflanze und den Saugort der Läuse bedingte Variabilität der Porenzahl und Sklerotisierung bisher nicht nachgewiesen werden.
3. Bei *D. nüsslini* können die an den Trieben von Jungtannen lebenden Populationen *(D. nüsslini, f. typica)* von den am Stamm von Alttannen saugenden *(D. nüsslini, f. schneideri)* morphologisch nicht unterschieden werden. Manche Populationen der Stammform zeigen zwar eine geringere mittlere Porenzahl als die meisten Populationen der Triebformen, andere gleichen dieser aber völlig. Der breite Gipfel der *schneideri*-Form (Abb. 2 IVb) läßt sich damit erklären. Die Trennung in zwei biologische Formen, wie sie von Pschorn-Walcher u. Zwölfer (1956) vorgeschlagen wurde, wird auf Grund der ökologischen Befunde und ihrer verschiedenen wirtschaftlichen Bedeutung hier jedoch beibehalten.
4. Ebenso wird die an Balsamtanne in Kanada sehr schädliche *Dreyfusia* als eine biologische Form von *D. piceae („forma canadensis")* vorerst beibehalten. Sie weicht von *D. piceae, f. typica* morphologisch durch stärkere Chitinisierung der Junglarven und durch erhöhte Porenzahlen etwas ab und verhält sich auch biologisch (Ausfall der zweiten Sommergeneration; Besiedlung aller Teile und Altersklassen der Balsamtanne) anders.
5. Die an Nordmannstanne lebende *D. prelli* ist morphologisch von *D. piceae* nicht leicht zu trennen. Gegenüber *D. piceae, f. typica* ist sie jedoch wesentlich stärker chitinisiert; die Porenzahl liegt im Mittel höher und weist eine beträchtliche Streubreite auf. Auf Grund des Wirtsverhaltens und ihrer Phänologie und Biologie (Grosmann 1935, Francke-Grosmann 1937) ist jedoch an ihrer Artselbständigkeit nicht zu zweifeln.

Zusammenfassend darf festgestellt werden, daß die weiteren eigenen morphologisch-statistischen Untersuchungen – und auch die von Pschorn-

Walcher u. Zwölfer (1958) – die durch die gleichen Autoren vorgenommene Neugliederung der Gattung *Dreyfusia* erneut bestätigt haben.

2. Papierchromatographische Untersuchungen

Papierchromatographische Untersuchungen als Stütze der Taxonomie sind bei Tieren und Pflanzen schon vielfach durchgeführt worden. Für die *Adelgidae* hat erstmalig Varty (1956) diese Methode angewandt.

Methode: Es wurden eindimensionale Chromatogramme mit Whatman-Papier Nr. 1 angefertigt. 40–50 Eier oder Erstlarven oder 5–8 erwachsene Tiere wurden auf möglichst punktförmigem Fleck der Nullinie zerdrückt. Als Steigflüssigkeit diente Butanol-Eisessig-Aqua dest. (4:1:5); die optimale Steigzeit betrug 15 Stunden, die erreichte Steighöhe 25–26 cm. Die Farbkeile wurden anschließend im Luftstrom getrocknet, ihre Zonen unter dem UV-Licht markiert, ihr Farbton bestimmt und mit Ausnahme des variierenden untersten Abschnittes bei Tageslicht nachgezeichnet. Insgesamt wurden bisher über 250 Chromatogramme angefertigt *(D. piceae, f. typica* 23, *D. prelli* 47, *D. merkeri* 85, *D. nüsslini* 85, andere Adelgiden 41).

Zu den papierchromatographischen Ergebnissen (Abb. 3)[1] sei folgendes bemerkt:

1. Die verschiedenen Stadien einer Art ergeben verschiedene Chromatogramme. Dabei sind die Unterschiede zwischen dem Ei und den folgenden Stadien wesentlich deutlicher als zwischen Larven und erwachsenen Tieren. Das papierchromatographische Bild der Larvenstadien 1, 2 und 3 gleicht sich weitgehend.
2. Die gleichen Stadien einer Art liefern gleiche Farbschemata, einheitliche Versuchsbedingungen vorausgesetzt. Dabei ist gleichgültig, ob die betreffenden Individuen an den Triebachsen von Jungpflanzen oder am Stamm von Alttannen gesaugt haben. Insbesondere tritt das „charakteristische Farbmerkmal", das oft zur Diagnose ausreichend ist, klar in Erscheinung.
3. Die gleichen Stadien an Weiß- und Nordmannstannen unterscheiden sich chromatographisch nur geringfügig. Varty (1956) stellte überhaupt keine durch die Nährpflanze bedingte Unterschiede fest.
4. Die untersuchten Adelgiden-Gattungen *(Dreyfusia, Pineus, Gilletteella, Sacchiphantes* und *Adelges)* sind durch typische Farbkombinationen ± voneinander getrennt. Innerhalb einer Gattung zeigt das papierchromatographische Bild übereinstimmende Züge.
5. Die Arten der Gattung *Dreyfusia* sind im Ei-, Larven- und Imaginalchromatogramm trennbar. Dabei stehen sich einerseits *D. nüsslini* und *D. merkeri* und andererseits *D. prelli* und *D. piceae, f. typica* ziemlich nahe. Kennzeichnend für Larven und Erwachsene von *D. nüsslini* und *D. merkeri* ist der im UV.-Licht hellblau leuchtende Abschnitt im unteren Drittel der Farbleiter. Er liegt beim *nüsslini*-Chromatogramm höher als im *merkeri*-Chromatogramm und ist gewöhnlich auch etwas länger. Der Farbleiter von *D. prelli* und *D. piceae, f. typica,* von der ausschließlich Material aus der Ostschweiz benutzt wurde, fehlt die leuchtend blaue Zone. Bei *D. piceae* ist eine lilafarbene Zone im unteren Keildrittel charakteristisch, während *D. prelli* im gleichen Abschnitt eine typische Farbfolge von blaßlila und gelb aufweist.

[1] Die Wiedergabe der Farbtafel wurde durch den Druckkostenzuschuß eines ungenannten Förderers dieser Arbeit ermöglicht.

Abb. 3. Papierchromatogramme von Junglarven und Imagines verschiedener Adelgiden. Bezeichnung wie in Tabelle 1; ferner: 1 – *Gilletteella cooleyi* (GILL.), 2 – *Sacchiphantes viridis* (RATZ.), 3 – *Adelges laricis* (VALL.), 4 – *Pineus strobi* (HTG.)

Zusammenfassend darf festgestellt werden, daß das Chromatogramm der einzelnen Adelgiden-Arten gewissermaßen einen „Steckbrief" darstellt, der sowohl Verwandtschaftsgruppen wie auch einzelne Arten anschaulich kennzeichnet. Die Methode der Papierchromatographie ist geeignet, morphologisch erarbeitete Artabgrenzungen zu überprüfen. Im Falle der Gattung *Dreyfusia* konnten mit ihrer Hilfe die morphologisch-statistischen Untersuchungsergebnisse voll bestätigt werden.

Zusammenfassung

An Hand morphologischer Untersuchungen an der Gattung *Dreyfusia* C. B. konnte nachgewiesen werden, daß an Weißtanne in Europa 3 verschiedene Arten auftreten, und zwar: *D. piceae* Ratz., *D. nüsslini* C. B. und *D. merkeri* Eichhorn. Durch papierchromatographische Studien wurde diese Artentrennung überzeugend gesichert.

Summary

Further morphological investigations concerning the recent reclassification of genus *Dreyfusia* C. B. (Pschorn-Walcher u. Zwölfer 1956, Eichhorn 1957) have proved the existence of three species (*D. piceae* Ratz., *D. nüsslini* C. B. and *D. merkeri* Eichhorn) on silver fir in Europe. Additional paperchromatographic studies have given further strong support to the new classification.

Literatur

Balch, R. E., 1952: Studies of the balsam woolly aphid, *Adelges piceae* (Ratz.) and its effects on balsam fir, *Abies balsamea* (L.). Department of Agriculture Ottawa/Canada, Publ. 867, S. 1–76.

Börner, C., 1908: Über Chermesiden. IV. *Dreyfusia piceae* (Ratz.) und *nüsslini nov. spec.* Zool. Anz. XXXIII, S. 737–750.

Eichhorn, O., 1956: Eine dritte gefährliche Tannenlaus der Gattung *Dreyfusia* in Südbaden. Forschg. u. Fortschr. 30. Jg., H. 10, S. 289–293.

— 1957: Eine neue Tannenlaus der Gattung *Dreyfusia (Dreyfusia merkeri nov. spec.).* Zschr. f. angew. Zoolog., 44. Jg., 3. H., S. 303–348.

Francke-Grosmann, H., 1937: Zur Morphologie der Tannenlaus *Dreyfusia Prelli* Grosmann und ihrer Galle auf *Picea orientalis* LK. Zschr. f. Pfl.Krankh. (Pfl. path.) u. Pfl.schutz, 47. Jg., H. 9, S. 465–482.

Grosmann, H., 1935: Über eine neue Tannenlaus *(Dreyfusia Prelli nov. spec.).* Tharandter Forstl. Jahrb., Bd. 86, S. 816–826.

Marchal, P., 1913: Contribution à l'étude de la biologie des Chermes. Ann. Sci. Nat. Zool., 9. Série, Tome 18, S. 153–385, Paris.

Merker, E. u. Eichhorn, O., 1956: Die Formenkreise der gefährlichen Tannenläuse Gattung *Dreyfusia (Adelges).* Die Naturwiss., H. 19, 43. Jg., S. 453–54.

Pschorn-Walcher, H. u. Zwölfer, H., 1956: The predator complex of the white-fir woolly aphids (Genus *Dreyfusia, Adelgidae).* Zschr. f. angew. Ent., 39. Bd., S. 63–75.

— 1956: Neuere Untersuchungen über die Weißtannenläuse der Gattung *Dreyfusia* C. B. und ihren Vertilgerkreis. Anz. f. Schädlingskd. 29, S. 116–122.

— 1958: Preliminary investigations on the *Dreyfusia (Adelges)*-populations living on the trunk of the Silver fir. Zschr. f. angew. Ent. 42. Bd., S. 241–277.

Schneider-Orelli, O., Schaeffer, C. u. Wiesmann, R., 1929: Untersuchungen über die Weißtannenlaus *Dreyfusia nüsslini* C. B. in der Schweiz. Mitteilungen d. Schweiz. Zentralanst. f. d. forstl. Versuchsw., XV. Bd., H. 2, S. 191–242.

Varty, I. W., 1956: *Adelges* insects of Silver firs. Forestry Commiss. Bull., Nr. 26, Edinburgh, S. 1–75.

Aus der Forstschutzstelle Südwest, Wittental b. Freiburg/Brg.

Zur Kenntnis der Schäden, die Lachniden an ihren Wirtsbäumen hervorrufen können[1]

Von H. Müller, Kirchzarten/Brg.

Starke Völker der roten Waldameise vernichten im Umkreis bis etwa 25 m vom Nest mehr als die Hälfte der auf den Bäumen fressenden Raupen und Blattwespenlarven. Bei jungen, künstlich angesiedelten Ablegern sind Wirkungsgrad und -kreis entsprechend geringer (Wellenstein 1954, 1957). In der Nähe aller Ameisennester aber — gleich, ob sie alt und groß oder noch klein sind — finden wir durchschnittlich zehnmal so viele Honigtau erzeugende Baumläuse wie sonst im Wald (Wellenstein, Müller, Kaeser 1957). Demnach sorgen frisch angesiedelte Ameisen, noch ehe ihre Insektenjagd uns fühlbar nutzt, zunächst für die Massenvermehrung der für sie lebensnotwendigen Honigtaulieferanten. Im April 1955 schützten auf einer mannshohen Lärche 60—70 Ameisen eine einzige Laus — die Stammutter einer Population, die im Sommer Zweige und Stämmchen fast lückenlos bedeckte. Läuse sind besonders fruchtbar, wenn Ameisen sie durch dauerndes Betrillern mit den Antennen veranlassen, bis zu dreimal mehr Honigtau auszuscheiden (Herzig 1938) und damit entsprechend mehr Nährstoffe aufzunehmen.

Reiner Kiefernwald bietet den Ameisen ungünstige Lebensbedingungen. Nach starkem Lausbefall können Kiefern „immun" werden. Besonders in Nestnähe fallen sie nach einem Jahr intensiven Ameisenbesuchs im folgenden als Lausbäume aus (Müller, in Bearbeitung). Alte verlassene Nestsockel zeigen, daß Kiefern-Ameisen – offenbar aus Nahrungsmangel – öfters umziehen.

Dagegen gedeihen Waldameisen besonders gut in Beständen, in denen Kiefern mit Buchen vermischt sind. Die Lachniden auf den beiden Holzarten ergänzen einander in der Honigtauproduktion: *Lachnus pineti* K., braune Form (= heute *Cinara pini* L.) erscheint schon im zeitigen Frühjahr in Massen und wird im Sommer selten. Da aber vermehrt sich *Lachnus exsiccator* Alt. (= heute *Schizodryobius pallipes* Htg.) auf der Buche und liefert bis in den November hinein viel Honigtau (Müller 1956 a). Aus drei Nestern einer Pfälzer Ameisenkolonie waren im August 1955 nur zum Lausbesuch dauernd 1/2 Million Ameisen unterwegs. In der Nähe der Nester hört man Tausende von den Bäumen herabfallende Ameisen wie Regen. Kein Spaziergänger, der sich im Ameisenrevier lagern möchte, hält es dort länger als ein paar Minuten aus. Die drei Ameisenvölker trugen 1955

[1] Beobachtungen im Rahmen eines weiter gefaßten Forschungsauftrages, für dessen großzügige Förderung ich der Deutschen Forschungsgemeinschaft aufrichtig danke. Herrn Prof. Dr. Dr. G. Wellenstein verdanke ich manchen wertvollen Ratschlag, Herrn Prof. Dr. V. Butovitsch, Stockholm, den Hinweis auf die Lausschäden in Schweden und Finnland.

4800 kg Honigtau ein — von 86 Kiefern im Mittel je 34 kg, von 66 Buchen je 19 kg, den Rest von Eichen und Linden.

Im Gegensatz zu den waldverderbenden *Dreyfusia*-Arten und den meisten Obstbaumläusen gelten die Lachniden als harmlos. Ob ein Insekt schädlich wird, hängt jedoch nicht nur von der Art, sondern entscheidend von der Stärke des Befalls ab. Als eiserner — also geringer! — Bestand sind selbst bekannte Großschädlinge bedeutungslos. Anderseits können die harmlosen Rindenläuse ihre Wirtspflanze sichtbar schädigen, wenn sie sich zu großen Massen vermehrt haben.

Starker Saftentzug führt zu Triebstauchungen (Wellenstein und Müller 1954, Müller 1956b). Kiefernpflanzen litten stark unter dem Befall von „*Lachnus pini* und *L. fasciatus*" an Wipfeltrieben und Ästen (Wahlgren 1895). Holmgren und Lovén berichten 1884 über Nadelschäden im Kronpark Lilla Svältan, hervorgerufen von *Lachnus pini* (= *Cinaria taeniata* K. ?). Massenvermehrung von *Cupressobium juniperinum* Mordv. an Thuja in Pflanzbeständen und Friedhofshecken führte zu Verfärbung und Absterben der grünen Pflanzenteile (Hahmann 1953). In Finnland ließ *Lachnus pineti* K. (= heute *Cinara pini* L.) kleine Astgabeln auf Kiefern braun werden und absterben und die Pflanzen kümmern (Kangas 1931). Schwächere Pflanzen können eingehen (Wahlgren 1897). In einer Heidekrautheide in Skåne vernichteten wahrscheinlich zu den Lachniden gehörende Läuse über 50 ha 10jähriger Kiefernverjüngung (Wahlgren 1897).

Im Sommer 1957 entstanden in Fichtenkulturen in Norddeutschland (Francke-Grosmann, mündliche Mitteilung) und in Südwürttemberg Schäden durch starken Lausbefall. Manche Pflanzen waren am Stämmchen und an den Seitenzweigen vollständig mit Läusen bedeckt, trieben verspätet aus (Staatsklenge Nagold, Südwürttemberg) oder gingen ein (Süderlügum, Schleswig-Holstein). Urheber war die nicht zu den Lachniden gehörende *Elatobium abietinum* Walk. Erst später siedelte sich in den Beständen *Lachnus hyalinus* K. (= *Cinaropsis pilicornis* Htg.) an. In Mönchsberg fiel die Laus auf, weil ihren Honigtau Massen von Bienen und Wespen sammelten.

Ernst zu nehmende Schäden ruft die Buchenrindenkrebslaus *Lachnus exsiccator* Alt. mit ihrem giftigen Speichel an Rotbuchen aller Altersklassen hervor. Das Laub verfärbt sich vorzeitig, Zweige und Äste verkrüppeln und vertrocknen schließlich, an Ästen und Stämmen reißt die Rinde auf. Jungbuchen sterben oft ganz ab (Müller 1956b).

Herrn Prof. Dr. Richter, BBA. Institut für Mykologie, Berlin-Dahlem, verdanke ich die Untersuchung von 19 Teilen schwer geschädigter oder getöteter junger Buchen auf Pilzbefall. An keinem der Stücke war typischer *Nectria*-Krebs zu beobachten. Nur auf einem Stammstück saßen *Nectria*-Fruchtkörper, die erst ausgetrieben waren, nachdem das Stämmchen abgeschlagen wochenlang im Freien gelegen hatte. An einer Probe wuchs *Tubercularia vulgaris*, an einer anderen *Fusarium javanicum*, beide waren außerdem von einer *Cytospora*-Art besetzt.

Keiner der genannten Pilze dürfte primär an den Ausfällen beteiligt gewesen sein, doch können sie als „Totengräber" gewirkt haben.

L. exsiccator vermehrt sich unter dem Schutz starker Waldameisenvölker fast immer zu schädlichen Massen. Bis zum Sommer 1956 waren mir Schäden an Rotbuchen in 20 Ameisenrevieren bekannt, später fand ich noch weitere 19 Schadgebiete in den Forstämtern

Bruchsal Schwetzingen	Nordbaden, nördliches Oberrheintiefland
Elmstein-Süd Lambrecht Frankenstein Neustadt a. W.-Süd	Pfalz, Pfälzer Wald.

Nur in hohen Lagen (im Schwarzwald und im Pfälzer Wald) scheint sich die Laus nicht halten zu können. Besonders stark sind die Schäden auf den trockenen, warmen nordbadischen Binnendünen im Raum Schwetzingen — Bruchsal. Dort ist *L. exsiccator* der Indikator für Ameisen, und im Spätsommer kann man inmitten vorzeitig verfärbter und verkrüppelter Jungbuchen mit Sicherheit ein Ameisennest finden. Bei einiger Erfahrung gelingt das schon vom Auto aus bei rascher Fahrt durch den Wald!

In der Nähe älterer Nester sind fast alle Rotbuchen deutlich gezeichnet. Erst in über 20 m Abstand sind mehr als 50 % gesund (Tab. 1).

Tabelle 1

Durch die Buchenrindenkrebslaus *Lachnus exsiccator* **Alt. an Buchenjungwuchs hervorgerufene Schäden in verschiedenen Entfernungen von einem alten Nest der Wiesenameise** *Formica nigricans* Em.

FA. Schwetzingen, Abt. 18 – Lichtes Ki-Baumholz mit Bu-Unterstand
Aufnahme 19. 9. 1956

Entfernung vom Nest in Metern	bis 5	5–10	10–20	20–40	40–50
Anzahl der Buchen	4	11	10	19	6
nicht befallen	–	1	–	10	5
Neubefall	1	–	–	–	–
Schäden nur an Zweigen	–	3	3	7	–
Schäden nur am Stamm	–	–	–	1	–
Schäden an Zweigen und Wipfel	–	3	2	–	–
Schäden an Zweigen und Stamm	–	–	1	1	–
an Stamm, Zweigen und Wipfel	–	3	–	–	1
an Zweigen, Wipfel tot	1	–	–	–	–
an Zweigen und Stamm, Wipfel tot	2	–	4	–	–
ganz abgestorben	–	1	–	–	–
geschädigt %	100	91	100	47	17

In der Umgebung künstlich angesiedelter Waldameisennester in Nordbaden fanden wir schon im zweiten Jahr deutlich geschädigte Jungbuchen. Meist geht der Lausbefall von Revieren der schwarzgrauen Wegameise *Lasius niger* aus. *Lasius*-Arten sind als gute Lauszüchter bekannt; jedoch ist ihr Futterbedarf nie so groß, daß sie Krebslaus-Populationen von einer Stärke halten, die auf den ersten Blick sichtbare Schäden erzeugen (Tab. 2 Spalte 3). *Lasius niger* siedelt Lauskolonien bevorzugt in Bodennähe an, weshalb die Buchen meist an der Stammbasis und an unteren Zweigen die typischen Rindenrisse und Verkrüppelungen tragen (Spalte 3, kursiv fett).

Im ersten oder zweiten Jahr ihres Bestehens übernehmen die jungen *Formica*-Ableger eine oder einige Lausbuchen am Rande des *Lasius*-Revieres und fördern die Vermehrung der Krebslaus so stark, daß die Buchen schwere Schäden davontragen oder sogar absterben (Spalte 2, „Zwischenstationen"). Von hier aus greift der Lausbefall auf die nahe Umgebung der *Formica*-Nester über, und schließlich ist eine deutliche Beziehung zwischen Nest-

Tabelle 2

Durch *Lachnus exsiccator* Alt. an Rotbuchenjungwuchs hervorgerufene Schäden in verschiedener Entfernung von einem 1954 gegründeten Ableger der kleinen roten Waldameise
FA. Schwetzingen, Abt. 89 – Ki-Altholz mit Bu-Jungwuchsstreifen
Aufnahme 19. 9. 1956

Entfernung vom *Formica*-Nest in m	1 bis 5	2 5–10	3 10–20
Anzahl der Buchen	22	53	302
ohne Läuse, ohne Schäden	10	32	237
Neubefall ohne Schäden	2	1	6
Verfärbung einzelner Zweige	–	*1*	*4*
Schäden nur an Zweigen	*3*	*14*	*16*
Schäden nur am Wipfel	*1*	–	–
Schäden an Zweigen und Wipfel	*6*	*2*	*1*
Schäden nur am Stamm, meist Basis	–	–	*26*
Schäden an Stamm und Zweigen	–	–	*10*
Schäden an Stamm, Zweigen und Wipfel	–	*2* (Z)	*2*
tot	–	*1* (Z)	–
ohne Läuse, ohne Schäden %	45	60	78
geschädigt oder tot %	*45*	*38*	*20*
Zum *Formica*-Nest gehören ...	10	19	2½
der befallenen Buchen zum *Lasius*-Nest	–	–	62
zu *Myrmica* und *F. gagates*	–	1	½

Z = „Zwischenstationen" bei der Überwanderung der Läuse vom *Lasius*- ins *Formica*-Revier.

entfernung und Anteil der geschädigten Jungbuchen zu erkennen (Tab. 2, Zeilen 12 und 13). Weil die Lauskolonien der Waldameisen meist in den oberen Teilen der Bäumchen sitzen, sind — kennzeichnend! — hauptsächlich obere Zweige und Wipfeltriebe geschädigt (Tab. 2, Spalten 1 und 2, kursiv fett). Nicht nur hierdurch, sondern auch am Alter der Rindenrisse, Wucherungen und abgestorbenen Zweige läßt sich einwandfrei feststellen, daß diese Schäden erst nach der Ansiedlung der *Formica*-Völker, also durch deren intensive Lauszucht entstanden sind.

An älteren Buchen wird das Laub mäßig befallener Zweige und Äste schon im Sommer bunt, und in der Rinde entstehen zweigunterseits Risse und Wucherungen. Stärkerer Befall läßt Zweige und Äste absterben und

Tabelle 3

Zustand von 100 Rotbuchen im ameisenfreien Teil der Abteilung II/2 Hambrücken (Forstamt Bruchsal) Aufnahme September 1956

Nur grünes Laub	Bunte Zweige einz.	Bunte Zweige mehr.	Braune Zweige einz.	Braune Zweige mehr.	Tote Zweige einz.	Tote Zweige mehr.	Tote Äste in unt. Krone einz.	Tote Äste in unt. Krone mehr.	Tote Wipfeltriebe
33	25	8	1	2	1	5	13	9	3
33		36					31		

Für jede Buche nur eine Eintragung, und zwar die stärkste Abweichung von Spalte 1.
Dürrnis an Ästen = mehrere tote Zweige.

verursacht, von dickeren Ästen ausgehend, Rißketten, die den ganzen Stamm überziehen und den Holzkörper stellenweise freilegen können.

Auch in ameisenfreien Gebieten tragen Rotbuchen schon im Spätsommer an einzelnen Zweigen Herbstlaub, abgestorbene Zweige und, vor allem in der unteren Krone, tote Äste (Tab. 3). Nur jede dritte Buche war hier durchweg grün belaubt. Krebslaus-Spuren konnten an keinem der trockenen Zweige festgestellt werden; sie sind demnach normal gealtert und vom Baum aufgegeben worden.

Offenbar können nur volkstarke Ameisenkolonien die Buchenrindenlaus so stark fördern, daß sie sich zu Massen vermehrt, die auffallende Schäden hervorrufen. Schwache Ameisenvölker dagegen halten nur kleine *exsiccator*-Kolonien auf einzelnen Buchen und ernähren sich auch im Herbst hauptsächlich vom Honigtau der Kiefernrindenläuse.

Jahrelang anhaltende, von Waldameisen angeregte Gradationen des *Lachnus exsiccator* brechen zusammen, wenn man die Ameisenvölker durch starke Entnahme zur Ameisenvermehrung schwächt.

So waren in der Ameisenabteilung Hambrücken II/2 (70 % Kiefern, 20 % Rotbuchen, 20 % Hainbuchen, Ulmen, Ahorne, 50jährig) 1956 fast alle Rotbuchen lausfrei. Hier ließ sich untersuchen, ob und wie weit sich Buchen nach längerem Krebslaus-Befall erholen können. Wie in der ameisenfreien Fläche (Tab. 3) war auch hier jede dritte Buche vollständig grün belaubt (Tab. 4, letzte Zeile). Befallsspuren waren nicht zu erkennen. Nur 12 Buchen = 8 % hatten einzelne oder einige bunte und braune Zweige – gegenüber 1/3 in der ameisenfreien Fläche. Der ganze Bestand sah grüner und scheinbar gesünder aus als die dauernd lausfreie Vergleichsfläche. Dieser erste Eindruck aber täuschte; denn 65 % aller Buchen (Tab. 4, letzte Zeile) trugen tote Zweige und Äste mit deutlich sichtbaren Rindenrissen, Wucherungen und Verkrüppelungen, 38 % (18 + 17 + 3 %) auch Risse und Beschädigungen am Stamm. Besonders mittelstarke Buchen sind geschädigt, während beschädigter Jungwuchs selten zu finden war (Tab. 4). Nach Aussagen von Förster und Waldarbeitern starben jedes Jahr ungefähr 10 junge Buchen und wurden

Tabelle 4

Krebslaus-Schäden an im Vorjahr noch befallenen Rotbuchen verschiedenen Alters in der Ameisenabteilung Hambrücken II/2 (Forstamt Bruchsal)
Aufnahme September 1956

cm ⌀	Anzahl	Ohne Schäden %	Anteil (in %) mit Schäden an Zweigen und Ästen 1	2	3	am Stamm 4	5	Schwerste Schäden	Geschädigt %
2–5	38	55	11	5	–	13	11	5	45
6–15	73	25	12	12	7	22	21	1	75
üb. 15	28	36	21	4	4	14	18	4	64
ges.	*139*	*35*	*14*	*9*	*4*	*18*	*17*	*3*	*65*

Für jede Buche nur eine Eintragung, und zwar die stärkste Abweichung vom Normalzustand.

Schäden 1 = leichte Rindenrisse an Zweigen und Ästen
2 = schwere Rindenrisse an Zweigen und Ästen
3 = 2 und unbedeutende Risse am Stamm
4 = leichte oder einzelne Rindenrisse am Stamm
5 = schwere Rindenrisse am Stamm

von der Bevölkerung beim Holzsammeln mitgenommen. Jungbuchen sind also auch im Hambrückener Ameisenrevier stark bedroht.

Alle beschädigten Buchen stehen in der Reichweite von Ameisennestern (Abb. 1); alle Schäden sind durch Lausbefall in den vergangenen Jahren entstanden. Diese Buchen brauchen offenbar, um sich zu erholen, sämtliche gesund gebliebenen Zweige und Äste und können keine weiteren aufgeben.

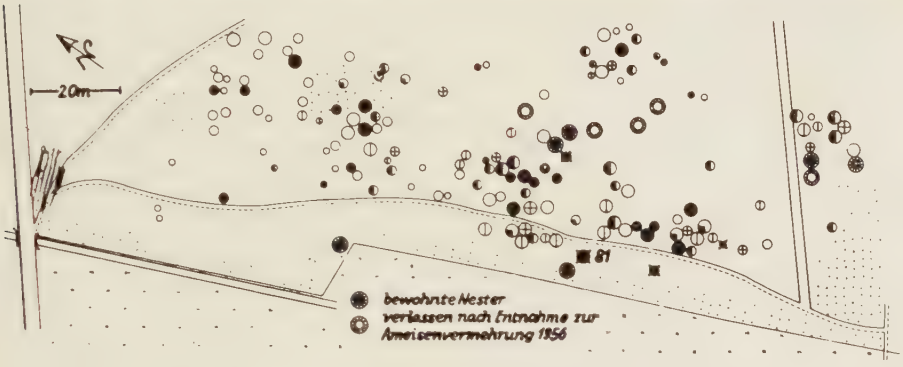

Abb. 1. Ameisenkolonie Hambrücken, Abt. 2 (Forstamt Bruchsal)

Kreise = Rotbuchen kleine Kreise = 2— 5 cm
mittlere Kreise = 6—15 cm
große Kreise über 15 cm

= Schäden 1, 2 und 3 an Zweigen und Ästen (s. Tab. 4)

= Schäden 4 und 5 am Stamm

= schwerste Schäden

Punkte = Unterwuchs und Gebüsch aus Ahorn, Linde und Weißdorn

Verglichen mit den Buchen im ameisenfreien Wald sind sie deshalb nur scheinbar gesünder. Tatsächlich aber sehen sie wesentlich besser aus als die auch 1956 stark verlauste Buche Nr. 81 (s. Abb. 1, neben einem Ameisennest). Diese ist spärlich mit kleinen, ungesund oliv-gelblich verfärbten Blättern belaubt und sieht so kümmerlich aus, daß mit ihrem Absterben zu rechnen ist.

Auch in Daun (Eifel) erholte sich eine 4 m hohe einzelne Buche in der Nähe eines starken Ameisennestes auf einer ehemaligen Schlagfläche nach einjährigem starkem Lausbefall nur teilweise. Sie trieb wohl wieder grüne Blätter, die bleibenden Schäden aber waren weithin sichtbar: Die Endtriebe sämtlicher Zweige waren tot, Äste und Zweige verkrüppelt und die neuen Blätter auffallend klein. Eine benachbarte Rotbuche von 9,5 m Höhe und 22 cm Brusthöhendurchmesser kennen wir seit 1951 als Lausbaum. Ihr Stamm ist knickrig und stark abholzig. Sämtliche Äste sind geschädigt: die untersten 18 mit schweren Rindenwunden meist abgestorben, die nächsten 9 nach den Enden zu verkrüppelt, die obersten 9 tragen deutliche Rindenrisse und Krebsbeulen und der Endtrieb eine Beule.

Unangenehm ist, daß die Buchen gerade auf den armen Kiefernstandorten Nordbadens und der Pfalz besonders lausgefährdet sind, wo dauernde Schädlingsgradationen den Einsatz der Waldameisen als zweckmäßig und erfolgversprechend erscheinen lassen.

Natürliche Ameisenreviere sind dort selten mehrere Hektar groß, mög-

Nachträge zum Problem des Polyedervirus bei Insektenkrankheiten[1]

Von E. Janisch

Die großen Fortschritte, die die Erforschung der Viruskrankheiten bei Insekten im letzten Jahrzehnt gemacht hat, geben Veranlassung, über Versuche zu berichten, die durch das Kriegsende und die Nachkriegsereignisse unterbrochen wurden, deren Ergebnisse aber für weitere Untersuchungen nicht unwesentlich erscheinen. Die Polyederviren haben bei Schadinsekten und beim Seidenspinner seit jeher eine große praktische Bedeutung gehabt. In der entomologischen Ökologie und Epidemiologie neigt man neuerdings immer mehr zu der Auffassung, daß den Virosen, Bakteriosen u. ä., von denen viele bisher unbekannt waren (Martignoni 1957) und oft in latenter Form auftreten, eine ausschlaggebende Rolle als populationsdynamischer Faktor zukommt (vgl. auch Janisch 1958). Auch in der allgemeinen Virusforschung werden für die Lösung grundsätzlicher Fragen Polyederkrankheiten wegen der leichten Erkennbarkeit der Polyeder als Reaktionsprodukt der Virusinfektion herangezogen (vgl. Gönnert 1952).

Das Polyedervirus

Der Charakter der Polyederkrankheiten war lange umstritten, und die Diskussion ist auch heute noch im Fluß (Literatur bei Letje 1939, Bergold 1943, Roegner-Aust 1950, Krieg 1955—1957). Anfangs hielt man ausschließlich Bakterien für die Erreger, andere nahmen noch lange eine autochthone Bildung an. Es wurde jedoch auch schon frühzeitig der ätiologische Zusammenhang mit den kristalloiden Polyederkörpern ermittelt. Eine echte Bakteriose bei der Nonne konnte Janisch (1942) endgültig als Schlaffsucht gegen die eigentliche Polyederkrankheit abgrenzen. Im äußeren Erscheinungsbild ist sie der Polyedrie sehr ähnlich und tritt meist mit ihr vergesellschaftet auf. Mischinfektionen sind häufig. Für die echten Polyederkrankheiten wurden auch schon früh die Säfte kranker Raupen als infektiös erkannt. Seit dem Nachweis ihrer Filtrierbarkeit 1907 durch v. Prowazek (1912) bildeten sich zwei Meinungen. Die einen sahen in kokkenartigen, behöften Gebilden (Chlamydozoen) die eigentlichen Erreger, die anderen fanden im Dunkelfeld winzig kleine, unbehöfte Körnchen. Letje (1939) sah die „Chlamydozoen" als mikroskopische, die Körnchen als ultramikroskopische Phase im Entwicklungsgang des gleichen Erregers an.

[1] Auf der Grundlage einer Gemeinschaftsarbeit mit meiner früheren Mitarbeiterin Dr. S. Roegner-Aust (jetzt Riedmüller, München) und dem 1945 in Schlesien verschollenen Leiter des Biochemischen Laboratoriums an der Biologischen Reichsanstalt Dr. E. Pfankuch. – Der Deutschen Forschungsgemeinschaft möchte ich auch an dieser Stelle meinen verbindlichen Dank aussprechen für die weitgehende Unterstützung meiner Arbeiten.

Erst im Zusammenhang mit den Fortschritten der Virusforschung trat das Polyederproblem in ein neues Stadium der Untersuchung. BERGOLD und SCHRAMM (1942) lösten Polyeder in schwachen Alkalien und konnten die Infektiosität der Lösung nach der Reinigung in der Ultrazentrifuge nachweisen. Sie faßten nach den ersten Messungen die Polyeder als einheitliches Kristallisationsprodukt eines niedrigmolekularen Virus auf und ermittelten ein Molekulargewicht von 180 000—300 000 und einen Moleküldurchmesser von 8—9 mμ. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen 1943 GLASER und STANLEY, sowie LAUFFER (zitiert bei BERGOLD 1947). Ein solches Virus würde das kleinste bisher bekannte Virus sein und in seiner Größenordnung schon nahe an Körpereiweiße herankommen. Damit würde das Polyedervirus eine hochbedeutende Sonderstellung in der allgemeinen Virusforschung erhalten und einen Übergang zu den Genen bilden können, wenn man geneigt ist, in ihrer Wirksamkeit gewisse Parallelen zu sehen. Allerdings wurde die Infektiosität dieses BERGOLDschen niedrigmolekularen Virus schon 1942 durch JANISCH und 1943 durch JANISCH und ROEGNER-AUST auf Grund von gleichzeitig laufenden Untersuchungen ähnlicher Art angezweifelt, z. T. in einem persönlichen und sehr fruchtbaren Meinungsaustausch mit Dr. BERGOLD. Sehr wesentlichen Anteil an der Klärung des Problems hat der 1945 in Schlesien verschollene Leiter des Biochemischen Laboratoriums an der Biologischen Reichsanstalt, Dr. E. PFANKUCH, der schon 1942/43 in den genau nach Vorschrift von BERGOLD hergestellten Polyederlösungen 2 Eiweißkomponenten fand[2]:

1. mit einem Molekulargewicht von etwa $2 \cdot 10^5$ = Polyederprotein
2. mit einem weit höheren Molekulargewicht der Größenordnung 10^9 = Polyedervirus.

Mit diesen beiden Polyederkomponenten haben wir ins einzelne gehende Infektionsversuche an Nonnen und Seidenraupen durchgeführt. Die intralymphalen Injektionen wurden an einem Bauchfuß mit der Mikroinjektionsspritze nach JANISCH (1942) vorgenommen, die in jeder Weise quantitativ zuverlässig ist und eine Verstopfung der Mikrokanüle im angestochenen Gewebe sofort durch Hemmung erkennen läßt. Bei mechanisch mit Mikrometerschraube arbeitenden Mikrospritzen (BERGOLD 1941, MARTIGNONI 1955, 1957) wird dagegen in solchen Fällen der Druck durch die Elastizität der Injektionsflüssigkeit aufgefangen, so daß unbewußt Fehlinjektionen vorkommen. Es ergab sich, daß lediglich das hochmolekulare Polyedervirus infektiös ist, nicht dagegen die niedrigmolekulare Eiweißkomponente.

Tab. 1 gibt ein Versuchsprotokoll aus dieser Reihe wieder. Versuchstiere waren Seidenraupen (Herkunft: Institut für Kleintierforschung, Celle), die seit 6 Jahren keinen einzigen Fall von Gelbsucht gezeigt hatten und deshalb als völlig gesund galten. Völlig virusfrei waren jedoch auch sie nicht, wie wir durch Blutuntersuchungen im Phasenkontrast-Mikroskop nachweisen konnten (s. unten). Nach diesen Untersuchungen besteht der Polyederkörper zum größten Teil aus niedrigmolekularem und nichtinfektiösem Polyederprotein, das — wie später noch gezeigt wird — das eigentliche, infektiöse und hochmolekulare Virus umschließt. Die Trennung der beiden Eiweißkomponenten erforderte sorgfältigste Arbeit mit allen Mitteln der modernen

[2] Die Einzelprotokolle und Fotos für die genaue biochemische Charakterisierung sind durch Kriegseinwirkung verloren gegangen, ebenso auch die zahlreichen Protokolle der Infektionsversuche.

Virusforschung (PFANKUCH), vor allem, um das niedrigmolekulare Polyederprotein von jedem Rest des hochmolekularen Virus zu befreien. Mit der Ultrazentrifuge allein gelang das nicht immer. Wir fanden dann schon mit Viktoriablau-Färbung, besonders aber im Elektronenmikroskop Elementarkörper und Virusaggregate, wenn auch in kleiner Menge. Immerhin bewirkten sie schon bei Tropfeninfektion per os (Tab. 1) einen geringen Anfall von polyedertoten Raupen, der bei intralymphaler Injektion noch größer war.

Tabelle 1

Infektiosität von Polyedern, Polyeder-Virus und Polyeder-Protein. ***Bombyx mori,*** **Raupen III und IV**

	Art der Infektion			Zahl der Tiere	% Raupen polyedertot
	Kontrolle			100	0
Bombyx-Polyeder	Nonnen-Polyeder		Futter	71	0
	Polyeder		Futter	125	45,7
	Hochmolekulares Polyeder-Virus		5 cmm per os	42	16,7
			5 cmm intralymphal	54	72,3
	Niedrigmolekulares Polyeder-Protein	nicht rein	5 cmm per os	65	4,6
			Futter	5	0
		rein	5 cmm per os	40	0
			5 cmm intralymphal	45	0

Es wurde darum kurz vor Gebrauch eine kleine Menge (1 ccm) durch neue Glasfilter G5 auf 3 filtriert, der bei kleinen Flüssigkeitsmengen (nach Feststellungen von PFANKUCH) das hochmolekulare Virus absorbiert. Das Filtrat enthält dann nur niedrigmolekulares Eiweiß, dessen Viruscharakter nachzuweisen war. Tab. 1 zeigt den negativen Erfolg. Versuche, mit Ultraschall die Polyeder zu zerschlagen, um rein wäßrige Lösungen zu gewinnen, sind nicht gelungen.

Für die Prüfung von Nonnenpolyedern standen gesunde Nonnenpopulationen nicht zur Verfügung, obgleich im Zusammenhang mit populationsanalytischen Untersuchungen eine große Anzahl von verschiedenen Herkünften unter Beobachtung stand. Infektionsversuche mit solchen von Natur aus polyedrigen Nonnenraupen zeigten bei Applikation von gereinigten Polyedern per os eine Zunahme der Polyedrie von z. B. 27 % auf 85 %. In ähnlichem Sinne erfolgreich waren auch intralymphale Injektionen von hochmolekularem Polyedervirus. Die Zuführung von gereinigtem niedrigmolekularen Polyederprotein sowohl per os wie intralymphal hatte dagegen in

keinem Falle ein positives Ergebnis. Der Anfall von Polyedertoten war in allen Verdünnungsstufen sogar bei intralymphaler Injektion oft geringer als per os. Starke Verdünnungen auch über die Infektionsgrenze (nach BERGOLD $2{,}5 \cdot 10^{-15}$) hinaus ergaben mehr Tote als die Stammlösung. Sämtliche Todesfälle lagen innerhalb der Streubreite der Kontrollen. So waren auch bei der Nonne keine Anhaltspunkte für die Existenz eines niedrigmolekularen Virus im BERGOLDschen Sinne gegeben.

BERGOLD hat dann zur Sicherung seiner noch nicht ausreichend begründeten Erstergebnisse die Untersuchungen über das Polyedervirus nach dem Kriege fortgesetzt und fand ebenso wie vor ihm PFANKUCH in den Polyederlösungen ein hochmolekulares Virus anteilig mit 5 %, das bei seinen ersten Messungen durch die Masse des Polyederproteins überdeckt worden war. Es ist das Verdienst BERGOLDS (1947, 1948, BERGOLD und FRESKA 1947), die biochemischen Eigenschaften dieses echten Polyedervirus nunmehr genau festgelegt zu haben. Er fand jetzt Molekulargewichte für Seidenspinner von $0{,}916 \cdot 10^9$, für Nonne von $1{,}136 \cdot 10^9$, für Schwammspinner von $2{,}146 \cdot 10^9$. Das Seidenspinner-Polyedervirus ist etwa 22 mal so schwer wie das Tabakmosaikvirus und etwa halb so groß wie das Pockenelementarkörperchen. Damit entfällt der zuerst ermittelte, aber für ein Virus ungewöhnliche Wert von rund $2 \cdot 10^5$ für das Polyedervirus mit allen Konsequenzen aus dieser Annahme. Das Polyedervirus ordnet sich nunmehr entsprechend den Auffassungen unserer Arbeitsgemeinschaft mit PFANKUCH ohne weiteres in die Reihe der bekannten Virusarten ein. BERGOLD selbst sagt dazu (1947, S. 133): „Damit muß die eigene bisherige Ansicht, daß der Hauptbestandteil der Polyeder, das Polyederprotein (12-Svedberg-Komponente) mit einem Molekulargewicht von etwa 300 000 wahrscheinlich mit dem infektiösen Virus-Protein identisch ist, völlig aufgegeben werden." Die Polyeder bestehen nach BERGOLD (1947) zu ungefähr 82 % ihres Gewichtes aus dem wasserunlöslichen phosphorarmen, nicht infektiösen Polyederprotein mit einem Molekulargewicht von 276 000 (Schwammspinner), 336 000 (Nonne), 378 000 (Seidenspinner) und außerdem zu etwa 5 % aus dem wasserlöslichen, phosphor- bzw. nukleinsäurereichen infektiösen Polyedervirus mit einem Partikelgewicht von $1\text{—}2 \cdot 10^9$. Beim Seidenspinner wurde eine Größe der Elementarkörper des Polyedervirus von 350 mμ × 88 mμ ermittelt. Das Nonnen-Polyedervirus ist etwas größer und hat etwas mehr kugelige Form. Wegen der Einzelheiten muß auf die Originalarbeiten verwiesen werden. Nach BERGOLD (1950) geben die Entwicklungsstufen des Polyedervirus Anhaltspunkte für die Organismennatur des Virus (vgl. auch FRANZ 1951). Mit diesen Feststellungen ist eine völlige Übereinstimmung über den Charakter des Polyedervirus erzielt.

Der Bau der Polyeder

Schon früh waren in den Polyedern kleinste Körnchen gesehen worden (z. B. KNOCHE 1912), auch Bruchstücke von Polyedern besonders bei der Seidenraupe wurden gefunden. Genauer haben LETJE (1939) und BERGOLD (1943) über die Polyeder mit vielen Photographien berichtet (vgl. auch JAHN 1954). Im Dunkelfeld sind die Inhaltskörnchen der Polyeder meist deutlich zu sehen. KNOCHE hat sich bei der Nonne sehr lange bemüht, mit färberischen

Methoden den inneren Bau der Polyeder ausfindig zu machen. Aus seinem unveröffentlichten Nachlaß seien hier die wesentlichsten Ergebnisse mitgeteilt, die von uns bestätigt werden konnten. Mit Eisenhämatoxylin, besonders wenn der Objektträger bis zu 30mal durch die Flamme gezogen wurde, fand KNOCHE die in Abb. 1 Bild 2—5 dargestellten Inhaltsstrukturen in Ringform, als geschlossene Zentralkörper oder als Häufchen mit einer deutlichen Körnchenstruktur. Bei Fuchsinfärbung (Bild 6—8) erscheinen diese Körnerhaufen als Einzelkugeln oder als Zentralkörper zusammengeballt.

Abb. 1

Auch bei Seidenspinner-Polyedern fanden wir solche Strukturen. Vielfach sind feine Linien in der Hüllschicht zu erkennen, die früher als Kanäle gedeutet wurden, in Wirklichkeit aber Nahtlinien für die präformierten Teilstücke sind, die bei der Auflösung der Polyeder in Darmsaft, in Puppenlymphe und auch in schwachen Alkalien und Säuren entstehen. Bild 9—13 zeigt die Auflösung von Polyedern in Puppenlymphe. In den sich lösenden Teilstücken sieht man bei Eisenhämatoxylin-Färbung noch die Körnchenhaufen wie in Bild 5. Mit fortschreitender Auflösung schwindet die Grundsubstanz der Polyeder, ist aber bei Phasenkontrast-Beleuchtung noch zu erkennen. Dann löst sie sich völlig bis auf kleinste Gebilde, die den „Chlamydozoen" v. PROWAZEKS entsprechen, in Wirklichkeit aber Restkörper von Polyedern sind. Die „Teilungsformen" sind sicherlich zufällig, die Punkte in der Mitte wahrscheinlich optisch bedingt. Bild 14 zeigt ein Auflösungsstadium in Puppenlymphe nach mehrstündiger Färbung mit Viktoriablau. Auch Giemsa-Färbung und besonders Aufnahmen im Elektronen-Mikroskop ergeben die gleichen Bilder. Aus der sich lösenden Grundsubstanz treten feinste Körnchen aus, die aus Elementarkörpern des infektiösen Polyedervirus und größeren Virusaggregaten bestehen (JANISCH und ROEGNER-AUST 1943, BERGOLD 1943, ROEGNER-AUST 1947, 1950). Schwach sichtbar ist das Austreten von Inhaltsstoffen auch im Dunkelfeld und bei Phasenkontrast-Beleuchtung, selten im Hellfeld. Diese Feststellungen über den Bau der Polyeder stehen in voller Übereinstimmung mit den Ergebnissen über die biochemischen und infektiösen Eigenschaften des Polyedervirus: Die Grundmasse des Polyeders besteht aus dem niedrigmolekularen und nichtinfektiösen Polyederprotein, in die das eigentliche, infektiöse und hochmolekulare Polyeder-Virus in haufenförmiger Anordnung eingebettet ist, offensichtlich von größerer Dichte als die Grundsubstanz (Dunkelfeld) und färberisch (Eisenhämatoxylin) mit einer Körnchenstruktur darstellbar. Damit ist die alte Auffassung von ESCHERICH (1911) bestätigt, daß der Polyeder den Erreger umschließt.

Der Infektionsweg

Daß Raupen durch Futter, das mit Polyedern verschmutzt ist, infiziert werden, steht außer Zweifel und findet bei großer Populationsdichte auch praktisch in der freien Natur statt. Schon früh wurde erkannt, daß die Polyeder im Darmsaft (p_H = 8—10) aufgelöst werden und dann die Körpergewebe infizieren. Zum Verständnis des vielfach so auffallend plötzlichen Ausbruchs der Polyederkrankheit, z. B. bei Nonnenraupen im Walde, erscheint der Infektionsweg über das Futter jedoch, besonders bei geringer Bevölkerungsdichte, kaum ausreichend. Eine Kontaktinfektion beim Überkriechen von polyedrigen Rindenstücken, von Bodenstreu oder sogar von angetrockneten dicken Polyederflecken findet — wie zahlreiche Schalenversuche zeigten — ebensowenig statt wie durch enges Zusammenleben von kranken und gesunden Raupen, falls sie nicht Kannibalen sind. Sehr lange war dann die Auffassung maßgebend, daß die Infektion der Raupen schon beim Durchfressen der Eischale erfolgt, und BERGOLD hat auch bis zuletzt an dieser Meinung festgehalten. Vorausgesetzt wurde dabei, daß die Ei-Oberfläche mit Polyedern behaftet ist. Alle Versuche zur Desinfektion der Eischale mit Kalilauge (JANISCH 1936), Formalin (LETJE 1939), Trichloressigsäure (BERGOLD 1942), um polyederfreie Insektenzuchten zu gewinnen, fußten auf dieser Auffassung. Polyeder, die künstlich auf die Versuchseier aufgetragen wurden, konnten dann auch durch diese Mittel vernichtet werden. Bei natürlichen Eigelegen der Nonne am Stamm mag eine Verschmutzung durch herablaufendes Regenwasser möglich sein, aber sonst blieb der Weg über die Falter völlig unklar, zumal die Prüfung der Geschlechtsorgane und Ausfuhrwege auf Polyeder allgemein negativ verlief (wenige Ausnahmen mit ganz vereinzelten Polyedern). Die Untersuchungen der Eioberfläche führten zu entgegengesetzten Ergebnissen. Sehr oft findet man (auch bei Freilandeiern) trotz hoher Polyedersterblichkeit bei der Aufzucht weder Polyeder, noch läßt sich freies Virus im Waschwasser nachweisen. Vor allem versagten alle Desinfektionsmittel (auch in der Kombination) bei allen Nonnenherkünften, die auf natürliche Weise stark verseucht waren (JANISCH 1942). Polyeder oder freies Virus außen am Ei sind daher mehr zufällig, aber durchaus nicht die Regel. Trotz aller gegenteiligen Meinungen mußte deshalb doch eine Übertragung im Innern des Eies angenommen werden (JANISCH 1942).

Der Nachweis gelang uns 1942 durch die Feststellung, daß die Polyeder sich in der Puppenlymphe ebenso auflösen wie im Darmsaft. Damit ist geklärt, daß intakte Polyeder in den Faltergeweben nur selten gefunden werden, und es ist auch die Auffassung hinfällig, daß Raupen, die sich bis zum Falter entwickeln, als gesund anzusehen sind (BERGOLD 1947). Da der Auflösungsprozeß schon in der Altraupe beginnt, wird auch deren Toleranz gegen Infektionen verständlich. Durch die Auflösung der Polyeder in der Puppenlymphe ist für das infektiöse Virus der Übergang in die Faltergewebe, vor allem in das Ovarium ohne weiteres gegeben. Mit Viktoriablau-Färbung und im Elektronenmikroskop konnten wir bei der Falterbildung in der Puppe kleinste rundliche und längliche Gebilde in den Geweben finden, die höchstwahrscheinlich Virusteilchen sind. In den Ovarialendzellen sind sie dann wieder als Anhäufungen mit größerer Sicherheit nachweisbar. Das Virus tritt also schon bei der Eibildung in die Eier ein. In gleicher Weise konnten wir feststellen, daß auch bei der Schlaffsucht der Nonne die Eier

schon im Ovarium mit Bakterien infiziert werden. Nach einer vorläufigen Mitteilung (Janisch und Roegner-Aust 1943) hat Roegner-Aust (1947, 1950) ausführlich über diesen Infektionsweg berichtet und den Nachweis für die Übertragung im Ei geführt, die von einigen Autoren zwar schon vermutet, aber von den meisten abgelehnt worden war.

Für die germinative Übertragung von Polyedervirus und Schlaffsuchtbakterien sprechen auch Beobachtungen in einem Waldgebiet (Grunewald Berlin), in dem seit Jahrzehnten nur ganz vereinzelt Nonnenfalter gefunden werden. Bei der äußerst geringen Populationsdichte kommt weder eine Infektion durch Futter noch durch verunreinigte Eier in Frage. Trotzdem starben die Nachkommen eines isolierten Weibchens mit 28,5 % Gesamtsterblichkeit zu 7,1 % an Bakteriosen und zu 21,4 % an Polyedrie. Neuere Untersuchungen (Vago 1951, Clark 1955, Smith et al. 1956) deuten in die gleiche Richtung. Die Auflösung in der Puppenlymphe wurde von Krieg (1955) auch an Blattwespen-Polyedern bestätigt, ebenso (1957) die Weitergabe von Viren durch Generationen hindurch.

Durchgebildete Polyeder als Endprodukt der Virusvermehrung finden sich in den Eiern nicht und auch in den schlüpffertigen Räupchen im Ei äußerst selten. Genauen Aufschluß über die Bildung der Polyeder gab das Phasenkontrast-Mikroskop, das 1940 von der Firma Zeiss entwickelt worden war. In den Kernen von Blutzellen junger Räupchen, die steril aus der Eihülle herauspräpariert wurden, zeigten sich vielfach vereinzelt, dann in einer Ringzone zusammengeschlossen, winzige leuchtende Körnchen (Abb. 2, Bild 1). Auch in Epidermiszellen konnten sie gefunden werden. Eine Weiterentwicklung findet erst nach dem Schlüpfen statt. Auch Krieg (1955) fand bei Blattwespen Polyeder erst bei Larven II. Diese im Phasenkontrast-Mikroskop leuchtenden Körnchen sind offenbar Anhäufungen von Virusaggregaten, deren verschiedene Größe und gruppenweise Anordnung dafür spricht, daß es sich um die erste Vermehrungsphase des Polyedervirus handelt. Dann erst bildet sich die Grundsubstanz des Polyeders, ist aber zunächst noch nicht durchkristallisiert (= amorphes Polyederprotein, wahrscheinlich aus den Nukleoproteinsubstanzen des Kerns) und erscheint bei Phasenkontrast-Beleuchtung dunkel. In Abb. 2, Bild 2 ist bei genauer Betrachtung zu erkennen, wie die ersten leuchtenden Körner von der sich bildenden Grundsubstanz eingeschlossen werden. Zur Verdeutlichung ist dieser Vorgang in Abb. 1, Bild 15 nochmals schematisch dargestellt. Erst später, wenn alles Eiweiß durchkristallisiert ist, leuchten auch die ganzen Polyeder bei Phasenkontrast-Beleuchtung hell auf wie in Abb. 2, Bild 3 aus einer älteren Seidenraupe. Hier sind die Polyeder durch Druck in Teilstücke aus kristallisiertem Polyederprotein zersprungen. Bei weiterem Zerfall haben sie vielfach Ähnlichkeit mit den s. Zt. als „Chlamydozoen" gedeuteten Restkörpern des Polyeders (vergl. Abb. 1).

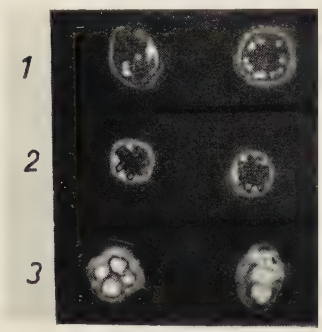

Abb. 2

Mit diesen Feststellungen ist der Infektionsweg geschlossen. Offen bleibt die Frage nach dem Infektionsgrad natürlich infizierter Eigelege und der

todbringenden Virusmenge. Es kommt aber offenbar weniger auf die Menge des vorhandenen Virus an als auf die Konstitution bzw. Disposition der Wirtstiere (vergl. JANISCH 1958). Beweisend scheinen uns zu sein: die relativ geringe Sterblichkeit von 45,7 % bei gesunden Seidenraupen (Tab. 1) trotz stärkster Infektion durch Polyeder und die hohe Sterblichkeit bei der geringen Infektion aus dem Ei bei geschädigten Tieren in Tab. 2.

Die Übertragung des Polyedervirus über das Ei in die nächste Generation erklärt auch das Vorhandensein latenter Infektionen mit freiem Virus, die durchaus nicht immer zur Ausbildung von fertigen Polyedern führen. Erstmalig konnten wir 1942 an den Seidenraupen Celler Herkunft, die in der Zucht 100 % zum Falter gelangten, solche latente Infektion mit Hilfe der neuen Phasenkontrast-Einrichtung von ZEISS nachweisen. Keine einzige Raupe war frei von Befallsbildern nach Art unserer Abb. 2, Bild 1 und 2. 80 % der Raupen hatten im Blutbild die Ringzone, 20 % nur lockere Körnchen in den Blutzellen. Nach der Aufnahme von Polyedern per os (Tab. 1) starben 45,7 % an Gelbsucht, es stieg aber auch bei den überlebenden Altraupen der Anteil an Blutzellen mit Ringzone auf 95 %. Das klinische Bild genügt also keinesfalls zur Kennzeichnung gesunder Insektenpopulationen. Auch bei Nonnenraupen, die bis zum Falter gelangten, haben laufend entnommene Blutproben solche Befallsbilder, oft neben freien Polyedern, ergeben. Durch die jetzt schon weitgehend bestätigte germinative Virusübertragung können dann auch die noch in der Diskussion stehenden Probleme der endogenen Virusentstehung, der Latenz und der Toleranz sowie der Provokation durch Außenfaktoren (Literatur bei KRIEG 1955—1957) nach Fragestellung und Methode einheitlich ausgerichtet werden. Es muß weiteren Untersuchungen überlassen bleiben, festzustellen, ob es überhaupt Raupen völlig frei von Viruskeimen gibt. Nach unseren umfangreichen populationsanalytischen Untersuchungen an der Nonne erscheint das beinahe zweifelhaft.

Der Krankheitsverlauf

Die Übertragung des Polyedervirus im Ei läßt den bei Massenvermehrungen der Nonne oft schlagartigen Ausbruch der Polyederkrankheit dadurch verständlich erscheinen, daß das Virus latent schon über mehrere Generationen hinweg in den Tieren vorhanden ist. Der seuchenhafte Ausbruch der Krankheit ist neben dem Vorhandensein des Virus von 2 Bedingungen abhängig: 1. von der physiologischen Konstitution der Tiere und 2. von ungünstigen Umweltfaktoren (z. B. Temperatur, Luftfeuchte, Ernährung). Beides steht in einem ursächlichen Zusammenhang. Pessimale Umweltbedingungen schwächen den physiologischen Gesundheitszustand und erhöhen damit auch die Disposition für Krankheiten. Auf solche Zusammenhänge haben schon WACHTL (1907), ESCHERICH und MIYAJIMA (1911), dann auch ZWÖLFER (1933—35) und WELLENSTEIN (1942) hingewiesen. Insbesondere sind in der Jugend Hunger zusammen mit Trockenheit stark schädigend (JANISCH 1941) und damit sekundär der Polyedrie förderlich. Im gleichen Sinne fand VAGO (1951) bei Seidenraupen, die latent mit Polyedervirus infiziert waren, bei normaler Fütterung mit Maulbeerblättern kaum 1 % Polyedertote, dagegen bei Osagedorn-Futter 70 %. Auch überhohe Luftfeuchtigkeit und direkte Sonnenbestrahlung (schon bei ESCHERICH und MIYAJIMA 1911) lösen die

Krankheit ebenso aus wie die Verabreichung von Giften und Chemikalien. Zu ähnlichen Ergebnissen bei latent infizierten Blattwespen kam KRIEG (1956) und für den Futtereinfluß bei Schwammspinner-Raupen KOVAĆEVIĆ (1956). Möglicherweise werden durch solche Einflüsse die biochemischen und zellphysiologischen Bedingungen im Wirtstier derart verändert, daß das latente Virus akut werden, d. h. zur Vermehrung kommen kann. Jedoch weiß man darüber noch kaum etwas. Daß es sich in den „kritischen Tagen" nach der Häutung um eine unmittelbare „Aktivierung" des Virus handelt, wie VAGO meint, ist kaum wahrscheinlich, vielmehr tritt in rasch wachsenden Zellen eine stärkere Virusvermehrung ein ebenso wie in den jungen Raupen nach dem Schlüpfen aus dem Ei.

Bei Massenvermehrungen von Schadinsekten überleben immer mehr auch konstitutionell schwächere Individuen, die normalerweise schon früh sterben (bei der Nonne im Freiland 98 % bei gleichbleibender Populationsdichte). Infolgedessen verschlechtert sich der physiologische Gesundheitszustand der jeweiligen Gesamtpopulation selbst bei günstigen Verhältnissen stetig. Eintretende pessimale Umweltbedingungen treffen dann auf solche physiologisch im Ganzen schon geschwächte Raupenbestände, die dann auf das Pejus stark reagieren. Da alle Raupen — oder doch die Mehrzahl — das Virus in sich tragen, sind damit die Voraussetzungen für den plötzlichen Ausbruch der Polyederkrankheit und den Zusammenbruch der Kalamität gegeben.

Tab. 2 zeigt die Zusammenhänge an einem Experiment. Eigelege der Nonne aus dem Freiland wurden im Februar im Laboratorium bei 21,5°, 90 % r. F. zum Schlüpfen gebracht und die Raupen mit gespaltenen Eicheln aufgezogen. Die Sterblichkeit war sehr gering. 91,2 % gelangten bis zum Falter. An Schwäche starb kein Tier, 6,3 % starben an der bakteriellen Schlaffsucht, an Polyedrie nur 2,5 % im V. Raupenstadium. Ein anderer

Tabelle 2

Auslösung einer latenten Infektion mit Polyeder-Virus und Schlaffsucht-Bakterien durch Überlagerung der Eier (Nonne)

Ansatz	Stadium	% Sterblichkeit	Schwäche	Gestorben an Bakterien	Polyedrie	% Falter
	I	3,7	0	3,7	0	
Februar	II	1,3	0	1,3	0	
79	III	0	0	0	0	
Raupen	IV	0	0	0	0	
	V	3,8	0	1,3	2,5	91,2
	I	91,9	33,3	29,3	29,3	
Juli	II	5,1	0	5,1	0	
99	III	1	1	0	0	
Raupen	IV	0	0	0	0	
	V	0	0	0	0	2

Teil des gleichen Geleges wurde in der Kühlkammer bei 2° bis Juli überlagert und dann in gleicher Weise aufgezogen. Diese so geschädigte Population zeigte schon im I. Stadium eine sehr hohe Sterblichkeit, die sich fast gleichmäßig auf Schwäche, Schlaffsucht und Polyedrie verteilte. Zum Falter kamen nur 2 %. Damit ist gezeigt, daß eine scheinbar gesunde Population

Träger des Polyedervirus und auch von Schlaffsuchtbakterien sein kann, die sich bei günstigen Lebensbedingungen nicht auswirken. Wohl aber können sie die Krankheitserreger auf die nächste Generation übertragen. Durch Schadfaktoren der Umwelt aber wird die Krankheit ausgelöst.

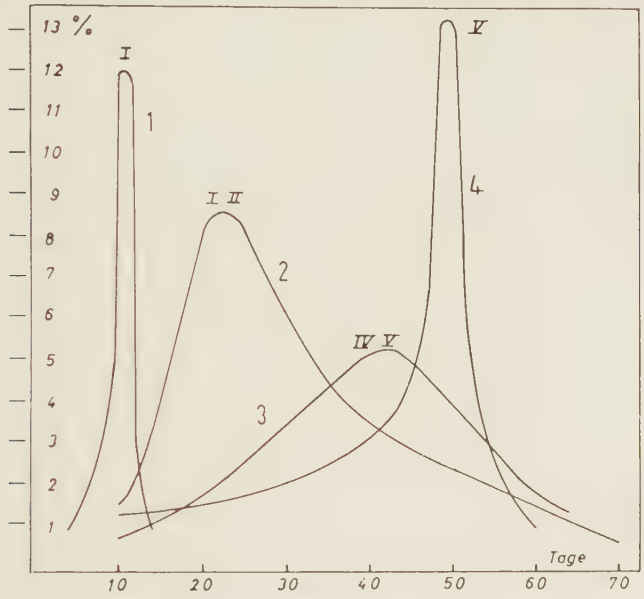

Abb. 3

Abb. 3 gibt einen Überblick über den Verlauf der Polyedrie bei Populationen verschiedener physiologischer Konstitution aus natürlich infizierten Eigelegen des Freilandes. Die Kurven zeigen die Tagesrate an Polyedertoten bei gleichen Bedingungen (21,5°, 90 % r. F., Eichelfutter):

1. Künstlich durch Überlagerung der Eier schwer geschädigte Population (vergl. Tab. 2). Sterblichkeit 98 %. Maximum der Tagesrate bei Raupe I.
2. Natürlich schwerkranke Population. Sterblichkeit 97,6 %. Maximum bei Raupe I und II.
3. Natürlich kranke Population. Sterblichkeit 79,6 %. Maximum bei Raupe IV und V.
4. Natürlich kranke Population. Sterblichkeit 69,3 %. Plötzlicher und starker Ausbruch der Polyederkrankheit im Altraupenstadium.

Die Tiere sterben auf einem um so späteren Entwicklungsstadium, je besser ihre physiologische Konstitution ist, für die die Sterblichkeit ein Maß ist. Genaueres über diese Beziehungen wird im Zusammenhang mit unseren populationsanalytischen Untersuchungen gesagt (Janisch 1958). Ein so starker und plötzlicher Ausbruch der Polyederkrankheit wie bei Kurve 4 wird oft als typisch angesehen, jedoch ist nach unseren Erfahrungen ein flacherer Verlauf wie in Kurve 3 häufiger, wenn auch im Walde nicht so auffällig. Noch weniger wird die Polyedersterblichkeit bemerkt, die, wie in Kurve 2, bei schwer kranken Populationen schon früh bei jungen Raupen einsetzt.

Der Befall mit Polyedervirus drückt sich nicht nur in der Sterblichkeit

aus, sondern auch als Entwicklungsverzögerung. Abb. 4 zeigt den Verlauf der 1. Häutung von Schwammspinner-Raupen für eine sehr gesunde Population mit 0 % und für eine schwerkranke Population mit 100 % vorimaginaler Sterblichkeit. Schon im I. Stadium starben 36 %. Gesunde Tiere bester Konstitution häuten sich innerhalb von 24 Stunden, bei den kranken jedoch

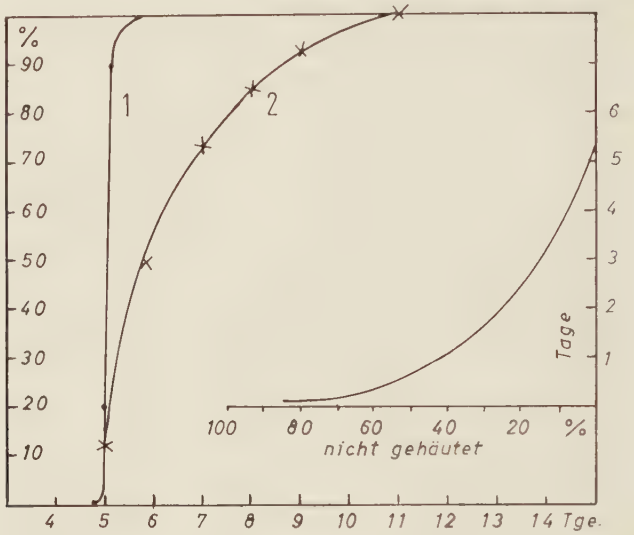

Abb. 4

häuten sich nur die physiologisch besten gleichzeitig mit den gesunden. Die übrigen zeigen eine fortschreitende Verzögerung im Sinne einer „gerichteten Variabilität" (vergl. Janisch 1958). Die Häutungsverzögerung (Beifigur zu Abb. 4) steht in einer festen gesetzmäßigen Beziehung zu dem Häutungsverlauf der gesunden Tiere und ist biomathematisch als einfache exponentiale Funktion faßbar. Die Häutungsverzögerung $y = 5{,}3 \cdot 1{,}0413^x$ für negative x = % nicht gehäutet mit einem $Q_{10} = 1{,}5$, d. h. sie zeigt einen konstanten Steigerungsfaktor. Der gesamte Abgang im I. Stadium erfolgt durch Häutung vom 4.—11. Tage, durch Polyedrie vom 8.—18. Tage. Die durch Polyedrie verspäteten Tiere gelangen nicht mehr zur Häutung, sind aber noch in der Lage, die Krankheitskeime zu verbreiten. Bei der Nonne kriechen sie (Sauerstoffhunger) in die Wipfeltriebe (= Wipfelkrankheit). Bei einer zu spät angesetzten Bekämpfung erliegen sie aber oft wegen ihrer geringeren Widerstandskraft dem Gift, bevor sie verjauchen. Da diese Tiere doch dem Tode verfallen wären, täuschen sie einen größeren Bekämpfungserfolg vor.

Es ist keineswegs so, daß die Polyederkrankheit bei der Nonne sich immer erst auswirkt, nachdem ein starker Fraß eingetreten ist. Oft sterben schon jüngere Raupen, ohne daß es forstlich beachtet wird. Was z. B. in der Population 4 (Abb. 4) auf natürliche Weise im Raupenstadium V geschieht, kann durch einen starken Schadeinfluß in der frühen Jugend schon im Stadium I ausgelöst werden, wie z. B. in Kurve 1. An der Absterbeordnung der Kurve 2 wird ebenfalls ein schwerer Schaden kenntlich, der aber auf natürliche Weise schon die Elterngeneration getroffen haben muß.

Die biologische Bekämpfung durch künstliche Ausbreitung von Krankheitskeimen tritt neuerdings wieder (trotz früherer Fehlmeldungen) stark in den Vordergrund, jetzt allerdings mit modernen Geräten, die in feinster Form Virus und Bakterien auf die Kulturen verteilen. Über positive Ergebnisse haben z. B. berichtet Thomson und Steinhaus (1950), Franz (1951), Steinhaus (1951), Bergold (1953), Clark und Thomson (1954), Clark (1955), Ossowski (1957) und Martignoni (1957) mit weiteren Literaturangaben. Die Erkenntnis über die große populationsdynamische Wirkung von Infektionskrankheiten bei Insekten war dabei ausschlaggebend. Die Infektion über verunreinigtes Futter durch Fraß ist aber nicht die alleinige Ursache für das Auftreten von Krankheiten. Die latente Infektion durch germinative Übertragung der Krankheitserreger scheint größer zu sein, als wir bisher wußten. So können Bekämpfungserfolge vorgetäuscht werden, die schon in der latenten Infektion begründet sind. Entscheidend bei der biologischen Bekämpfung ist aber nicht nur der Erfolg in anno (wie bei der Giftzufuhr), sondern die allgemeine und stärkere Verseuchung der Schädlinge mit Krankheitskeimen, die sich u. U. erst in den Folgegenerationen auswirkt, wenn die Krankheit durch andere Schadfaktoren ausgelöst wird. Grundlegende Untersuchungen über diese Fragen stehen allerdings noch in den Anfängen (vergl. Franz 1954).

Praktische Schlußfolgerungen

Die genaue Kenntnis über den Charakter der Polyedrie als Viruskrankheit, über den Infektionsweg und den Krankheitsverlauf erlaubt eine praktische Auswertung nach mehreren Richtungen:

1. Die Tatsache, daß schon die Eigelege vom Falter her mit Virus und Bakterien infiziert sind, lenkt die Aufmerksamkeit auf die Existenz latenter Infektionen, die durch Schadeinflüsse der Umwelt ausgelöst werden können. Die Infektionskrankheiten der Insekten treten dadurch als populationsdynamischer Faktor stärkstens in den Vordergrund. Nach diesen Erkenntnissen muß das Massenwechselproblem einer erneuten und wesentlich erweiterten Bearbeitung zugeführt werden.
2. Die latente Infektion der Eigelege läßt schon im Vorfrühling eine Feststellung des natürlichen Krankheitsbefalls zu. Zusammen mit populationsanalytischen Untersuchungen über die physiologische Konstitution und Krankheitsdisposition der Populationen kann dadurch ein Einblick in den Gesundheitszustand der einzelnen Herkünfte gewonnen werden, der die zahlenmäßigen und biologischen Erhebungen über den Schädlingsbefall ergänzt und die Sicherheit der Voraussagen über die Notwendigkeit von Bekämpfungsmaßnahmen erweitert.
3. Durch die Kenntnis von der germinativen Krankheitsübertragung erhält die biologische Bekämpfung neue Möglichkeiten insofern, als durch die künstliche Ausbreitung von Krankheitskeimen eine permanente latente Infektion der Schädlinge erreicht wird, die dann jederzeit durch natürliche Schadfaktoren der Umwelt akut werden kann.
4. Die Tatsache, daß auch beim Seidenspinner eine allgemeine latente Infektion mit dem Polyedervirus der Gelbsucht über Generationen hinweg vorliegen kann, ohne daß Todesfälle auftreten, lenkt die Aufmerksamkeit

mehr noch als bisher auf die Zuchtbedingungen, bei denen alles vermieden werden muß, was den physiologischen Gesundheitszustand verschlechtern und damit die Krankheitsdisposition erhöhen könnte. Dagegen tritt die Bedeutung der Desinfektion der Eier zurück. Wesentlich sind einzig und allein optimale Zuchtbedingungen.

Zusammenfassung

Die Mitteilungen Bergolds über niedrigmolekulare Insektenviren (Mol.-gew. 300 000) wurden auf Grund eigener Befunde schon 1942/43 mit Bergold diskutiert. Unsere Feststellungen, daß die Insektenpolyeder aus einem niedrigmolekularen, nichtinfektiösen Polyederprotein (Mol.gew. $2\ 10^5$) und einem infektiösen hochmolekularen Polyedervirus (Mol.gew. 10^9) bestehen, gingen durch den Krieg verloren. 1947 kam dann Bergold von sich aus zu dem gleichen Ergebnis. Der Bau der Polyeder und Beobachtungen im Phasenkontrast-Mikroskop über ihre Bildung in den Zellkernen stimmen damit überein. In der Puppenlymphe werden die Polyeder aufgelöst, und das Virus dringt in die Ovarialendzellen ein. Durch diese germinative Virusübertragung wird eine latente Infektion erzeugt, die durch Schadfaktoren der Umwelt und Konstitutionsverschlechterung der Wirtstiere akut wird. Je schlechter der physiologische Zustand, desto früher kommt die Krankheit zum Ausbruch. Bei der biologischen Bekämpfung durch Infektionskrankheiten kann nur eine verstärkte und permanente latente Infektion das Ziel sein. Die Tatsache, daß bereits die Eier infiziert sind, gestattet eine frühzeitige Populationsanalyse von Schadinsekten.

Summary

Bergolds reports on insect viruses of low molecular weight (300 000) were discussed with him in 1942/43 on the basis of our own findings. Our data showing that the insect polyhedra consist of a non infective polyhedral protein of low molecular weight (2×10^5) and an infective polyhedral virus of high molecular weight (10^9) were lost through the war and in 1947 Bergold reached the same conclusion independently. The structure of the polyhedra and their formation in the cell nuclei, as observed by phase contrast microscopy, agree with this. The polyhedra are dissolved in the pupal haemolymph and the virus penetrates the ovarian end cells, producing a latent infection in the progeny which becomes acute under adverse environmental conditions and with constitutional weakening of the host. The poorer the physiological condition, the sooner the disease appears. The aim of biological control using infectious diseases can only be an intensified permanent latent infection. The fact that the eggs are already infected permits an early population analysis of injurious insects.

Literatur

Bergold, G.: Eine Mikroinjektionsspritze und Mikrobürette bis zu 0,1 cmm. Biol. Zentralblatt **61**, 1941.

— Polyederfreie Insektenzuchten. Naturwiss. **30**, 1942.

— Über Polyederkrankheiten bei Insekten. Biol. Zentralblatt **63**, 1943.

— Die Isolierung des Polyedervirus und die Natur der Polyeder. Ztschr. f. Naturforsch. **2b**, 1947.

— Bündelförmige Ordnung von Polyederviren. Ztschr. Naturforsch. **3b**, 1948.

— The multiplication of insect viruses as organisms. Canad. Journal of research E, **28**, 5, 1950.

— Insect viruses. Advances in virus research **1**, 91, 1953.

Bergold, G. und Schramm, G.: Biochemische Charakterisierung von Insektenviren. Biol. Zentralbl. **62**, 1942.

Bergold, G. und Friedrich-Freska: Zur Größe und Serologie des Bombyx-mori-Polyedervirus. Ztschr. Naturforsch. **2b**, 1947.

Clark, E. C.: Observations on the ecology of a Polyhedrosis of the great basin tent caterpillar Malacosoma fragilis. Ecology **36**, 1955.

Clark, E. C. and Thomson, C. G.: The possible use of microorganisms in the control of the Great Basin Tent Caterpillar. Journ. of econ. entom. **47**, 1954.

Escherich, K. und Miyajima, M.: Studien über die Wipfelkrankheit der Nonne. Naturw. Ztschr. Forst- und Landwirtschaft **9**, 1911.

Franz, J.: Erfolgreiche Verbreitung von Viruskrankheiten zur Forstschädlingsbekämpfung. Ztschr. Pflanzenkrankh. (Pflanzenpathologie), Pflanzenschutz **58**, 185, 1951.

— Insektenviren als Organismen. Umschau 1951, 198.

— Möglichkeiten, Grenzen und Aufgaben der biologischen Schädlingsbekämpfung in Deutschland. Anz. Schädl.-Kde. **27**, 97, 1954.

Gönnert, R.: Über Virusmorphologie und Virusvermehrung. Behringwerk-Mitteilungen H. 25, Marburg-Lahn, 1952.

Heidenreich, E.: Die Polyederkrankheit der Nonne. Arch. ges. Virusforschg. **2**, 1940.

Jahn, E.: Weitere Beobachtungen zur Natur von Insektenviren an Hand von elektronenmikroskopischen Untersuchungen. Anz. Schädl.-Kde. **26**, 17, 1954.

Janisch, E.: Physiologische Grundlagen der Nonnenprognose. Anz. f. Schädlkde. **12**, 1936.

— Über die Bewertung der Mortalitätsfaktoren beim Massenwechsel von Schadinsekten. Ztschr. angew. Entomologie **28**, 241, 1941.

— Mischinfektionen bei Nonnenraupen. Arb. physiol. u. angew. Entom. **9**, 1942.

— Das Problem der gerichteten Variabilität in der Biomathematik. Naturwiss. Rundschau, 1958 (im Druck).

— Populationsanalyse von Schadinsekten. Ztschr. angew. Entom. 1958 (im Druck).

Janisch, E. und Roegner-Aust, S.: Der Erreger der Polyederkrankheit bei Nonnenraupen. Nachr.-Bl. dtsch. Pflanzenschutzdienst Nr. 2, 1943.

Knoche, E.: Nonnenstudien II. Die Wipfelkrankheit und ihr Erreger. Forstwiss. Centralblatt April/Mai 1912.

Kovačević, Z.: Die Nahrungswahl und das Auftreten der Pflanzenschädlinge. Anz. Schädl.-Kunde **29**, 97, 1956.

Krieg, A.: Untersuchungen über die Polyedrose von Neodiprion sertifer. Arch. ges. Virusforschg. **6**, 163, 1955.

— „Endogene Virusentstehung" und Latenzproblem bei Insektenviren. Arch. Virusforschg. (Wien) **6**, 472, 1956.

— „Toleranzphänomen" und Latenzproblem. Arch. ges. Virusforschung **7**, 212, 1957.

Letje, W.: Das Gelbsuchtproblem bei den Seidenraupen. Seidenbauforschg. 1939.

Martignoni, M. E.: Über zwei Viruskrankheiten von Forstinsekten im Engadin. Mitt. Schweiz. Entom. Gesellsch. **27**, 147, 1954.

— La patalogia degli insetti. Mitt. Schweiz. Entom. Gesellschaft **27**, 176, 1954.

— Microinjector needle for determination of per os-LD_{50} of insect viruses. Science **122**, 764, 1955.

— Contributo alla conoscenza di una granulosi di Eucosma griseana (Hübner) (Tortricidae, Lepidoptera) quale fattore limitante il pullulamento dell'insetto nella Engadina alta. Mitt. Schweiz. Anstalt f. d. forstl. Versuchswesen **32**, 371, 1957.

Ossowski, L. J.: The biological control of the wattle bagworm (*Kotochalia junodi* Heyl.) by a virus disease. Ann. appl. biol. **45**, 81, 1957.

Prowazek, S. von: Gelbsucht (Polyederkrankheit) der Raupen. Handbuch der pathogenen Protozoen, Leipzig, 1912, S. 156.
Roegner-Aust, S.: Der Infektionsweg bei der Polyederkrankheit der Nonne. Naturwiss. **34**, 158, 1947.
— Der Infektionsweg bei der Polyederepidemie der Nonne. Ztschr. angew. Entom. **31**, 3, 1950.
— Populationsanalytische Untersuchungen über die Sterblichkeit von Nonnenraupen. Ztschr. angew. Entom. 31, 181, 1950.
Smith, K. M. & C. F. Rivers: Some viruses affecting insects of economic importance. Parasitology **46**, 235, 1956.
Steinhaus, E. A.: Taxonomy of insect viruses. The Ann. of the New York Acad. of sciences **56**, 517, 1953.
Vago, C.: Phénomènes des „Latentia" dans une maladie à ultravirus des insectes. Rev. Canad. de Biol. **10**, 299, 1951.
Wachtl, F.: Die Nonne *Lymantria monacha* L., Naturgeschichte und forstliches Verhalten des Insekts, Vorbeugungs- und Vernichtungsmittel. Wien 1907.
Wellenstein, G.: Die Nonne in Ostpreußen, Monographie z. angewandten Entomologie 1942.
Zwölfer, W.: Studien zur Ökologie, insbesondere zur Bevölkerungslehre der Nonne *Lymantria monacha* L. Ztschr. angew. Entomologie **20**, 1933.
— Die Temperaturabhängigkeit der Entwicklung der Nonne (*Lymantria monacha* L.) und ihre bevölkerungswissenschaftliche Auswertung. Ztschr. angew. Entom. **21**, 1935.

Aus dem Forstzoologischen Institut der Universität Göttingen

Einige Bemerkungen zur Biologie und zum Einfluß von Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit auf die Entwicklung von Ei, Raupe und Puppe von *Boarmia bistortata* Goeze *(Lepidoptera, Geometridae)**

Von Verena Schefer-Immel

Im Anschluß an die Untersuchungen von Schimitschek über ein Schadauftreten von *Boarmia bistortata* an Lärche in Schleswig-Holstein (Zeitschrift für angewandte Entomologie, Band 42, Heft 1) soll hier über Beobachtungen berichtet werden, die während der Laborzucht des Spanners im Winter 1955 und im Frühjahr 1956 durchgeführt werden konnten. Neben der Biologie des Spanners interessierten besonders die für die Entwicklung von *Boarmia* günstigsten Bedingungen von Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit.

Das Ausgangsmaterial für die Zucht von *B. bistortata* bildeten Puppen des Spanners, die einer im Herbst 1955 in der Revierförsterei Schenefeld (Schleswig-Holstein) durchgeführten Puppensuche entstammten. Die Zucht des Spanners wurde zunächst im Labor, später im Thermostaten bei verschiedenen Temperaturen durchgeführt.

A. Biologische Beobachtungen

1. Kopulation, Eiablage und Eier von B. bistortata

Die Falter sind bereits an anderer Stelle (Dahm, Uffeln, Urbahn usw.) genauer beschrieben worden, es soll deshalb auf ihr Aussehen nicht eingegangen werden. Ihre Lebensdauer betrug in den Zuchten bei Fütterung mit Zukkerwasser im Durchschnitt 3–5 Tage. Die Kopulation erfolgt meist 1–2 Tage nach dem Schlüpfen der Falter. Bringt man ♂ und ♀, die bereits älter sind als 2 Tage, zusammen in den Zuchtkäfig, so erfolgt die Kopula trotzdem nicht sofort. Gewöhnlich dauert es dann noch einen halben bis einen Tag, bis die Tiere kopulieren. Die größte Zahl von Kopulationen konnte in den frühen Morgenstunden beobachtet werden. Die Dauer der Kopula liegt bei mindestens 6 Stunden; diese Zeit wird aber häufig überschritten. Durchschnittlich dauerte die Kopula in den Zuchten 24 Stunden, die Höchstdauer betrug 48 Stunden. Die Eiablage erfolgte meist einen halben bis einen Tag nach der Kopulation. In der Natur legt das ♀ von *Boarmia bistortata* seine Eier stets unter Borkenschuppen oder in Rindenritzen ab. Auch in der Zucht waren die Falter bis auf geringe Ausnahmen nicht zur Eiablage zu bewegen, wenn ihnen nicht ähnliche Verhältnisse geboten wurden, wie sie in der Natur vor-

* Diese Arbeit wurde von der Verfasserin Herrn Prof. Zwölfer zum 60. Geburtstag gewidmet. Sie konnte jedoch aus Gründen notwendiger Raumbegrenzung nicht mehr in Heft 2/3 des 41. Bandes untergebracht werden.

handen sind. Deshalb wurden in den Zuchtkäfigen Stückchen von Lärchenborke und kleine Wellpappestreifen befestigt. Die Weibchen legten ebenso häufig Eier unter Borkenschuppen wie in die Rillen der Wellpappestreifen ab. Um die Eiablage auszulösen, müssen wahrscheinlich auf die Legeröhre des Weibchens von *Boarmia* starke thigmotaktische Reize einwirken. Dafür spricht auch die Tatsache, daß die wenigen Eier, die außerhalb der beiden genannten Möglichkeiten abgelegt wurden, stets von den ♀♀ zwischen Rahmen und Draht des Zuchtkäfigs eingeklemmt wurden. Vor Beginn der Eiablage sucht das Spannerweibchen lange nach einem geeigneten Platz für das Gelege. Dabei streckt es die Legeröhre weit aus und tastet unter zitternden Bewegungen derselben die Umgebung ab. Die Legeröhre bleibt während dieser Suche nicht dauernd ausgestreckt, sie wird am gleichen Ort mehrere Male hintereinander ausgestreckt und wieder eingezogen. Dieser Vorgang wiederholt sich oft an verschiedenen Stellen, bis der Falter mit der Eiablage, bzw. mit dem Verfertigen des Gespinstes, in das die Eier dann abgelegt werden, beginnt. Die Eier werden stets in mehreren Häufchen — meist 3 bis 5 — abgelegt. Die Eizahl eines ♀ lag in unseren Zuchten bei einem Durchschnitt von 211, während Zwölfer im Verlaufe einer Massenvermehrung von *Boarmia* in Mittelfranken (1931) eine durchschnittliche Eizahl von 290 pro ♀ feststellte. Die Ablage der gesamten Eier eines ♀ erfolgt innerhalb von 12 Stunden, wobei eine Eiablage während der Nacht die Regel ist. Die Gelege sind stets sehr gut unter Borkenschuppen oder in Rindenritzen verborgen; meist ragt nur noch ein kleiner Zipfel des Gespinstes aus dem Versteck hervor.

Die Eier sind oval und tragen eine flache Eindellung. Ihre Länge beträgt im Mittel 0,83 mm, ihre Breite 0,56 mm. Die Farbe der frisch abgelegten Eier ist hellgrün, sie wechselt im Laufe der Embryonalentwicklung über gelb-grün nach dunkelgrün bis blaugrün. Die Umfärbung nach dunkelgrünblaugrün erfolgt zwei Tage vor dem Schlüpfen der Eiraupen, und zwar innerhalb sehr kurzer Zeit (weniger Stunden). Bereits vier Tage vor dem Schlüpfen der jungen Raupe schimmert der Kopf des Embryo durch die äußere Eihülle und zwei Tage vor dem Verlassen der Eihülle sind auch die weißen Querlinien und Flecken, mit denen die Eiraupe gezeichnet ist, deutlich zu erkennen. Die Embryonalentwicklung dauerte bei der Zucht im Labor (etwa 18° C) 15 Tage. Das Schlüpfen eines Geleges ist meist innerhalb weniger Minuten (15–20) beendet. Die frisch geschlüpfte Eiraupe kriecht noch kurze Zeit mit am letzten Abdominalsegment anhaftender Eischale umher, streift diese dann aber bald ab.

2. Die einzelnen Raupenstadien

Im ganzen wurden fünf Raupenstadien festgestellt. Die Dauer der einzelnen Stadien betrug bei Laborzucht: für die Eiraupe 11 Tage, für den Einhäuter 5 Tage, für den Zweihäuter 5 Tage, für den Dreihäuter 7 Tage und für das letzte Raupenstadium (bis zur Verpuppung) 18 Tage.

I. Eiraupe

Durchschnittliche Breite der Kopfkapsel 0,31—0,32 mm. Kopfkapsel und Nackenschild schwarz. Raupe schwarz mit weißer Querlinie auf dem 1. Segment und 4 weiteren Querlinien am hinteren Rand des 4., 5., 6. und 9. Seg-

mentes. Zwei weiße Seitenstreifen, die sich aus weißen Flecken (auf jedem Segment rechts und links je 3) zusammensetzen. Unterseite schwarz. Brustfüße schwarz mit weißen Flecken, Bauchfüße und Nachschieber schwarz mit schmutzig-weißen Spitzen.

II. Raupenstadium (Einhäuter)

Durchschnittliche Breite der Kopfkapsel 0,43—0,49 mm. Kopfkapsel gelb mit dunkelbrauner Zeichnung. Die Zeichnung besteht aus braunen Linien, die z. T. unter einem Winkel von 90° zusammenlaufen und so nach einer Seite offene, rechtwinkelige Dreiecke bilden. Der Nackenschild ist dunkelgelb. Die Dorsalseite der Raupe ist gelbbraun, dunkelbraun gefleckt und mit einer Anzahl rein weißer Flecken gezeichnet. Die Flecken stehen am Vorderrand des 1. und an den Vorder- und Hinterrändern des 4., 5. und 6. Segmentes so dicht, daß sie eine weiße Linie bilden. Auf jedem Segment befinden sich lateral jederseits ebenfalls 1—3 weiße Flecken. Afterschild gelblich, mit 2 großen weißen und mehreren kleinen schwarzen Flecken. Brustfüße schmutzig-weiß mit dunkleren Rändern, Abdominalbeine gelblich-braun mit dunkleren Flecken, Nachschieber gelblich-braun.

III. Raupenstadium (Zweihäuter)

Durchschnittliche Breite der Kopfkapsel 0,71—0,98 mm. Kopfkapsel dunkelbraun mit gelben Flecken im vorderen Teil. Nackenschild dunkelgelb. Oberseite der Raupe schmutzig gelbbraun, mit dunkelbraunen und weißen Flecken gezeichnet. Die weißen Flecken bilden am Vorderrand des 1. Segmentes eine schwache, am Hinterrand des 4. und am Vorder- und Hinterrand des 5. Segmentes eine durchlaufende Linie. Auf dem 4. Segment befindet sich eine dunkelbraune Querlinie, auf dem 5. Segment zwei im rechten Winkel aufeinandertreffende dunkelbraune Linien, die ein nach hinten offenes Dreieck bilden. Auf dem 9. Segment seitlich jederseits einige besonders ausgeprägte weiße Flecken. Die Ventralseite des Zweihäuters ist einfarbig dunkelbraun. Afterschild gelb, mit schwarzen und weißen Punkten. Die Brustfüße sind schwarz, Bauchfüße und Nachschieber sind dunkelbraun und gelblich gezeichnet.

IV. Raupenstadium (Dreihäuter)

Breite der Kopfkapsel 1,30—1,57 mm. Kopfkapsel gelblich, dunkelbraun gezeichnet (getigert), Nackenschild schmutzig-gelb. Dorsalseite der Raupe schmutzig-gelbbraun, mit schwarzen und weißen Flecken gezeichnet. Vom Nackenschild bis zum 4. Segment lateral beiderseits eine schwarze Linie. Auf dem 5. Segment ein schwarzer dreieckiger Sattel, dessen Spitze zum Kopf hin zeigt. Auf dem 7. Segment ein schwarzer Fleck. Auf dem 11. Segment zwei schwache gelbliche Höcker mit je einem kräftigen Haar. Auf jedem Segment mehrere Warzen mit je ebenfalls einem Haar. Afterschild gelb. Stigmen schwach hellrot, schwarz gerandet. Unterseite der Raupe dunkelbraun, mit schwacher gelblicher Zeichnung. In der Mitte der Ventralseite läuft eine gelbe Linie vom 6.—8. Segment, seitlich je eine schwächere gelbe Linie vom 3.—5. Segment. Brustfüße schwarz, Bauchfüße und Nachschieber gelbbraun. Afterschild gelbweiß, mit kleinen dunkelbraunen Punkten, schmutzig-weiß gerandet.

V. Raupenstadium (Vierhäuter)

Breite der Kopfkapsel 1,83—2,25 mm. Kopfkapsel gelblich, dunkelbraun gezeichnet, Nackenschild gelb. Dorsalseite der Raupe schmutzig-gelbbraun. Vom Nackenschild bis zum 4. Segment seitlich je ein schwarzer Streifen, auf dem 5. Segment ein dreieckiger schwarzer Sattel, dessen Spitze nach vorn zeigt. Auf dem 7. Segment ein schwarzer Fleck. 8., 9. und 10. Segment mit schwacher schwarzer Mittellinie. 10. Segment außerdem mit zwei schwachen, schräg verlaufenden, dunklen Streifen, die nach hinten in schwachen Hökkern enden. Stigmen hellrot, schwarz gerandet. Unterseite, ausgenommen das 9.—11. Segment, dunkelbraun mit gelblicher Zeichnung, gelbe Linie vom 5.—8. Segment. 9.—11. Segment unterseits weißlich. Brustfüße schwarz, Bauchfüße und Nachschieber gelb, schwarz gezeichnet. Afterschild schmutzigweiß—hellgelb, mit kleinen braunen Punkten.

Die Färbung der einzelnen Stadien kann stark variieren. Es treten z. B. häufig viel heller gefärbte Exemplare auf. Diese Erscheinung konnte besonders bei mit Lärchennadeln gefütterten Tieren beobachtet werden.

Vor der Häutung verfertigt sich die Raupe von *Boarmia bistortata* ein stärkeres Gespinst, in dem sie sich gleichermaßen „aufhängt", d. h. sie klammert sich nur mit Abdominalbeinen und Nachschiebern im Gespinst fest, während der übrige Körper frei herabhängt. Nach der Häutung bleibt im Gespinst die Exuvie zurück. In sehr vielen Fällen wird die abgestreifte Haut sofort von der Raupe verzehrt, nur die Kopfkapsel bleibt dann zurück. Letzteres ist besonders häufig bei den beiden ersten Raupenstadien der Fall.

Auf die Puppe soll hier nicht näher eingegangen werden, da sie bereits an anderer Stelle (Zwölfer, Schimitschek) näher beschrieben wurde. Die Puppenruhe betrug bei Laborzucht (ungefähr 18° C) im Durchschnitt 18 Tage. Zur Gesamtentwicklung (vom Ei bis zum Falter) benötigte *Boarmia bistortata* in unserer Zucht also durchschnittlich 79 Tage. Aus den Eiern der gezüchteten Falter konnte eine 2. Generation erzogen werden.

3. Fütterungsversuche und Futtermenge

Die Aufzucht von *Boarmia bistortata* wurde bei Fütterung mit den verschiedensten Futterpflanzen durchgeführt. Dabei bestätigte sich erneut, daß der Spanner sehr polyphag ist. Als Nahrung wurden geboten: Lärche, Sitkafichte, Fichte, Pappel und verschiedene Arten von Salat. Am liebsten wurde Lärche angenommen. Wurde den Raupen neben Lärchennadeln noch ein anderes Futter geboten, so wurden die Lärchennadeln stets zuerst verzehrt. Die mit Lärche gefütterten Tiere entwickelten sich besser und wurden größer als die mit den übrigen obengenannten Futterpflanzen ernährten. Während die mit Fichte, Salat usw. gezüchteten Falter zum großen Teil verkümmert waren, erreichten die aus mit Lärche gefütterten Raupen erzogenen Exemplare etwa die Größe der Tiere, die aus der Puppensuche in Schenefeld stammten.

Das Fraßbild zeigt bei der Eiraupe nur einen „Schabefraß", von Stadium II ab wird das ganze Blatt bzw. die ganze Nadel gefressen (siehe Schimitschek). Die Raupe von *Boarmia* benötigt sehr große Nahrungsmengen. So verzehrt eine Raupe des Stadiums III (Zweihäuter) pro Tag durchschnittlich 5—6 Kurztriebe von Lärche, die Raupen der beiden letzten Sta-

dien benötigen sogar 10—12 Kurztriebe. Läßt man die Raupe einen Tag oder länger hungern und es befinden sich im Zuchtkäfig entnadelte Triebe, so werden auch diese benagt. So konnte z. B. beobachtet werden, daß Drei- und Vierhäuter von *Boarmia* 1–2jährige Triebe von Lärche so stark befraßen, daß sie schließlich völlig entrindet waren. Sogar dreijährige Triebe wurden befressen, jedoch erfolgte der Rindenfraß hier nur „plätzeweise". Wie GROSCHKE berichtet, war bei starkem Auftreten von *Boarmia bistortata* an Kiefern und Fichten in der Oberpfalz in den Jahren 1949 50 die Rinde der befallenen Bäume unbeschädigt geblieben, während bei der im gleichen Bestand wachsenden Heidelbeere neben den Blättern und Knospen auch die grüne Rinde der Äste benagt wurde. In unserer Zucht wurde von den *Boarmia*-Raupen nur die Rinde junger Lärchentriebe angenommen, die Rinde aller anderen als Futter gebotenen Holzarten blieb unberührt. Dieses Verhalten könnte den Schluß zulassen, daß bei Massenvermehrungen von *Boarmia* an Lärche auch die Rinde junger Triebe angenommen wird, wenn Nahrungmangel herrscht, wenn also die Nadeln dem Schädling bereits zum Opfer gefallen sind.

B. Einfluß von Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit auf die Entwicklung von Ei, Raupe und Puppe von *Boarmia bistortata*

1. Zuchtmethode

Die Züchtung von *Boarmia* zur Prüfung des Einflusses von Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit auf die Entwicklung des Spanners erfolgte in Salzschalen nach ZWÖLFER, die bei verschiedenen Temperaturstufen in den Thermostaten gebracht wurden. Bei den Zuchtgefäßen handelte es sich um Petrischalen von 17 cm Durchmesser und 3,5 cm Höhe. Im Deckel der Schale befindet sich die gesättigte Lösung des betreffenden Salzes. Der Deckel mit der Salzlösung wird mit einem Stück Glasbatist bespannt und auf den Batist der ursprüngliche Schalenboden gegeben; er umschließt den Zuchtraum. Durch den Glasbatist hat die Luft jederzeit Zutritt (nähere Beschreibung der Hygrostatenschalen siehe ZWÖLFER, Zeitschr. f. angew. Entomol. Bd. 19). In den Zuchtraum wurden die frisch abgelegten Eier von *Boarmia* gegeben, und auch die aus den Eiern geschlüpften Raupen wurden dort belassen. Das Einbringen kleiner Futtermengen in die Schalen hatte nur eine äußerst geringfügige Störung der im Hygrostaten herrschenden rel. Luftfeuchtigkeit zur Folge. Die Kontrolle der rel. Luftfeuchtigkeit in den Zuchtgefäßen erfolgte mit Lambrecht-Haarhygrometern.

Zur Einstellung der verschiedenen Luftfeuchtigkeitsstufen wurden folgende Salze bzw. Flüssigkeiten verwendet:

etwa	100 % rel. Luftfeuchtigkeit	aqua dest.
„	90—95 % „ „	KNO_3
„	73—76 % „ „	NaCl
„	52—56 % „ „	$Ca(NO_3)_2$
„	30—32 % „ „	$CaCl_2$ (krist.)
„	17 % „ „	$ZnCl_2$
„	0 % „ „	P_2O_5 (sicc.)

Als Temperaturstufen wurden gewählt: 18° C (Zimmertemperatur), 20° C, 25° C, 27° C, 29° C, 30° C. Die genannten Temperaturstufen wurden mit den sieben aufgeführten Stufen der rel. Luftfeuchtigkeit kombiniert

und unter diesen Bedingungen sowohl Einzel- als auch Massenzuchten durchgeführt.

2. Dauer der Gesamtentwicklung vom Ei bis zum Falter bei den verschiedenen Temperatur-Feuchtigkeitskombinationen

Die Dauer der Gesamtentwicklung von *B. bistortata* bei einer Temperatur von 18° C und 100 % rel. Luftfeuchtigkeit betrug im Durchschnitt 79 Tage. Die Entwicklungsdauer bei den verschiedenen Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsstufen wird in den folgenden Tabellen gegeben.

20° C

etwa	100 %	rel.	Luftfeuchtigkeit	56 Tage
„	92 %	„	„	58 „
„	75 %	„	„	56 „
„	55 %	„	„	58 „
	32 %			
„	17 %	„	„	Raupen kamen nur bis zur 1. Häutung
„	0 %	„	„	keine Embryonalentwicklung

25° C

etwa	100 %	rel.	Luftfeuchtigkeit	42 Tage
„	91 %	„	„	41 „
„	74 %	„	„	44 „
„	53 %	„	„	40 „
„	31 %	„	„	45 „
„	17 %	„	„	vor der 1. Häutg. alle Raupen abgestorben
„	0 %	„	„	keine Embryonalentwicklung

29° C

Aus den bei 29° C durchgeführten Zuchten konnten keine Falter erhalten werden. Die Entwicklung blieb stets beim Vorpuppenstadium stehen, d. h. die Vorpuppen starben immer ab.

30° C

Die Eier von *Boarmia* konnten bei keiner der genannten Luftfeuchtigkeitsstufen zum Schlüpfen gebracht werden. Die Embryonalentwicklung fand zwar (wenn die rel. Luftfeuchtigkeit nicht unter 17 % lag) statt, die vollentwickelten Räupchen starben jedoch im Ei ab.

Die verschiedenen Luftfeuchtigkeitsstufen hatten, wie aus vorstehenden Tabellen zu ersehen ist, im Breich zwischen 30 % und 100 % rel. Luftfeuchtigkeit nur einen geringfügigen Einfluß auf die Dauer der Entwicklung von *Boarmia bistortata*. Aus den Tabellen geht jedoch nicht hervor, daß die Zahl der in niedriger rel. Luftfeuchtigkeit gezüchteten Falter weitaus gerin-

Durchschnittliche Dauer der verschiedenen Entwicklungsstadien von *Boarmia bistortata* innerhalb des Bereiches von 70–100 % rel. Luftfeuchtigkeit bei verschiedenen Temperaturen in Tagen

Temp.	Ei	Eiraupe	1-Häuter	2-Häut.	3-Häut.	4-Häut.	Puppen-ruhe	Ges.-entwicklg.
18° C	15	11	5	5	7	18	18	79
20° C	9	6	7	8	6	7	13	56
25° C	6	4	3	3	3	8	13	40
27° C	6	5	4	4	3	11	13	46
29° C	5	5	4	4	4	8	—	—
30° C	—	—	—	—	—	—	—	—

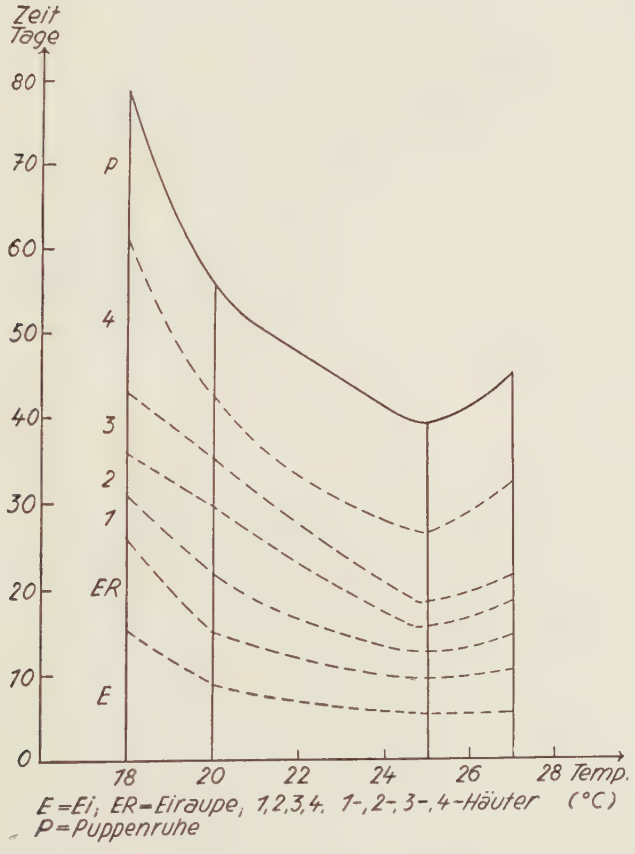

Abb. 1. Dauer der Gesamtentwicklung und der einzelnen Stadien von *Boarmia bistortata* Goeze bei einer rel. Luftfeuchtigkeit von 70-100 %

ger war, als die in Luftfeuchtigkeitsbereichen zwischen 73 % und 100 % gezüchteten. Der Ausfall für die im Bereich zwischen 32 % und 56 % rel. Luftfeuchtigkeit gezüchteten Spanner lag bei etwa 75 %, während derjenige der bei höherer Luftfeuchtigkeit (73—100 %) gezüchteten Tiere wesentlich niedriger lag (bei etwa 30 %). Außerdem waren die bei niedriger

rel. Luftfeuchtigkeit gezüchteten Tiere häufig verkümmert. Bei etwa 17 % rel. Luftfeuchtigkeit in Kombination mit den verschiedenen Temperaturen konnten die Raupen von *Boarmia* höchstens bis zur 1. Häutung gebracht werden, dann starben sie stets ab. Bei ungefähr 0 % rel. Luftfeuchtigkeit fand überhaupt keine Embryonalentwicklung statt. Bei einer Temperatur von 29° C konnten die Raupen nur bis zum Vorpuppenstadium durchgezüchtet werden, dann starben sie ab. Bei 30° C fand zwar eine Embryonalentwicklung statt, die Raupen kamen aber nicht zum Schlüpfen und gingen im Ei zugrunde.

Die Tatsache, daß eine rel. Luftfeuchtigkeit zwischen 70 % und 100 % die Entwicklung von *Boarmia* begünstigt, ist interessant, weil auch in Gebieten mit ozeanischem Klima eine günstige Ausgangsposition für Massenvermehrungen des Spanners gegeben scheint. Die optimale Temperatur für die Entwicklung von *Boarmia* lag bei unseren Versuchen bei 25° C. Für den Umfang der im Sommer auftretenden 2. Generation, die bei der Massenvermehrung in Schleswig-Holstein eine weit größere Bevölkerungsdichte aufwies als die Frühjahrsgeneration (s. SCHIMITSCHEK), könnte die zur Zeit ihrer Raupenentwicklung normalerweise gegebene optimale Temperatur eventuell auch eine gewisse Rolle spielen. Neben den Faktoren (geringe Bevölkerungsdichte der 1. Generation durch starke Verpilzung der Puppen im Winterlager, Überliegen der Puppen und somit stärkere Ausgangsposition der 2. Generation), mit denen SCHIMITSCHEK die größere Populationsdichte der 2. Generation erklärt, könnten auch die im Sommer häufig gegebenen, für *Boarmia* optimalen Temperaturverhältnisse bei in ozeanischem Klima ohnehin vorhandener hoher Luftfeuchtigkeit eine Massenvermehrung fördern.

Zusammenfassung

1. Der Spanner *Boarmia bistortata* wurde im Labor gezüchtet und biologische Beobachtungen an allen Entwicklungsstadien durchgeführt.

2. Bei Fütterungsversuchen mit den Nadeln und Blättern verschiedener Holzarten entwickelten sich die mit Lärche aufgezogenen Tiere am besten. Hungernde Raupen nahmen auch die Rinde 1—3jähriger Lärchentriebe an.

3. Bei Versuchen zur Ermittlung der für die Entwicklung von *Boarmia* optimalen Temperatur und Luftfeuchtigkeit ergab sich als optimale Temperatur 25° C, als optimale rel. Luftfeuchtigkeit die Stufe zwischen 70 % und 100 %. Die *Dauer* der Entwicklung wird innerhalb der Stufe von 30 % bis 100 % von der Luftfeuchtigkeit kaum beeinflußt, sie ist jedoch von der Temperatur abhängig. Die *Zahl* der innerhalb hoher Luftfeuchtigkeitsstufen gezüchteten Tiere war aber bei gleicher Ausgangsstärke viel höher als innerhalb von Zuchten, die bei niedriger Luftfeuchtigkeit durchgeführt wurden. Die Exemplare aus den letztgenannten Zuchten waren außerdem zum großen Teil verkümmert.

4. Zwischen den Tatsachen, daß für die Entwicklung von *Boarmia bistortata* hohe Luftfeuchtigkeit und eine Temperatur von 25° C optimal sind und daß der Spanner in Gebieten mit ozeanischem Klima besonders günstige Bedingungen für Massenvermehrungen anzutreffen scheint und außerdem die Sommergeneration eine höhere Populationsdichte aufweist als die Frühjahrsgeneration, könnten gewisse Zusammenhänge gesehen werden. Für

letztgenannte Tatsache ist selbstverständlich eine Anzahl weiterer Faktoren mit verantwortlich zu machen.

Summary

1. The looper moth *Boarmia bistortata* was reared in the laboratory and biological observations made on all developmental stages.

2. In studies with needles and leaves of various tree species as larval foods, it was found that larvae reared on larch developed best. Starving larvae also consumed the bark of from 1- to 3-year-old larch twigs.

3. The optimal temperature for the development of *Boarmia* was 25° C., and optimal moisture was in the range between 70 % and 100 % relative humidity. Duration of development was affected little by relative humidities of from 30 % to 100 %; it was affected by different temperatures, however. The proportion of insects reaching maturity was much greater under conditions of high relative humidity than under conditions of low relative humidity. Moreover, individuals reared at low humidities were usually stunted.

4. Correlations can by seen among the tacts that optimal developmental conditions for *Boarmia* include a temperature of 25° C. and high moisture level; that in regions with oceanic climates the insect apparently meets with especially favorable conditions for outbreaks; and that the summer generation produces a higher population level than the spring generation. In the last named observation, however, there are a number of other contributing factors.

Literatur

Bachstein, A.: „*Boarmia crepuscularia* Hbn." Ent. Nachricht., Jhg. IV, S. 78/79.

Dahm: „Die Großschmetterlinge des linken Niederrheins".

Escherich, K.: „Die Forstinsekten Mitteleuropas", Bd. III, Berlin 1931.

Groschke, F.: „Der Heidelbeerspanner, ein neuer Großschädling in der Oberpfalz", Allg. Forstz. Nr. 9, 1950.

— „*Boarmia bistortata* Goeze, der Heidelbeerspanner, ein neuer Großschädling", Verhdlg. d. dtsch. Ges. f. angew. Ent., 1949. Verl. P. Parey, S. 120–124, 1951.

Prosoroff, S. S.: „*Boarmia bistortata* Goeze als primärer Schädling der Tannenbestände". Z. angew. Ent., XX. S. 463–466, 1934.

Schimitschek, E.: „*Boarmia bistortata* Goeze als Lärchenschädling". Z. angew. Ent. 40, 1, S. 37–51.

Schwerdtfeger, F.: „Bemerkenswertes Auftreten des Beerenkrautspanners *Boarmia crepuscularia* Schiff." Anz. f. Schädlingskunde, S. 31–33, 1944.

Uffeln, K.: „Die Großschmetterlinge Westfalens", 1908.

Urbahn, E. u. H.: „Die Schmetterlinge Pommerns", Stettiner Entomol. Ztg., 1939.

Zwölfer, W.: „Methoden zur Regulierung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit". Z. angew. Ent., XIX, S. 497–513, 1932.

— „Zur Unterteilung von Spannerpuppen aus der Kiefernwaldbiozönose nebst Bemerkungen über eine Massenvermehrung des Beerenkrautspanners *Boarmia crepuscularia* Schiff." Forstwiss. Zentralbl., S. 537–547, 1932.

Aus der Zoologischen Sammlung der Landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Bonn (Leiter: Prof. Dr. H. Wurmbach)

Die Collembolen des Flachmistkompostes[1]

Von E. Mrohs

Mitteilung aus der Arbeitsgemeinschaft Prof. Wurmbach und Mitarbeiter über: Wirkung verschiedener Dünger auf die Bodenfauna

I. Einleitung

Die Frage nach der Bedeutung der Bodenfauna für die Umsetzung des Bestandsabfalls ist neuerdings stark in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Sie spielt nicht nur eine Rolle für die Ackerböden, die an Humus verarmen, sondern eine beinahe noch größere für Forstböden, bei denen es vielfach zu starken Rohhumusauflagerungen kommt. Besonders für die Forstwirtschaft wird daher die Frage akut, wie sich eine Beschleunigung der Umsetzung des Bestandsabfalls erzielen läßt.

Die oft unübersichtlichen Verhältnisse in den Naturböden lassen es wertvoll erscheinen, die Bedeutung der künstlichen Düngung und weiterer Faktoren für die Bodenfauna und die Umsetzung des organischen Materials im Versuch zu erproben.

1. Wurden in den folgenden Ausführungen die Collembolenbesiedlung von Flachmistkomposten in Vergleich gesetzt zu Mietenkomposten und zu Stapelmist; zur Überprüfung der Wirkung aerober und anaerober Verhältnisse und der Bedeutung des Zusatzes von Erde,
2. der Vergleich gezogen bei Zusatz verschiedener anorganischer Düngemittel zu den Flachmistkomposten, um deren Wirkung auf die Schnelligkeit der Succession, die Massenbesiedlung und die Kompostierungsgeschwindigkeit zu überprüfen.

Ferner wurde die Frage des Zeigerwerts der Collembolen für bestimmte Zersetzungsstufen besonders behandelt, eine Frage, die bei der Kompostierung viel besser überprüft werden kann als auf dem freien Land.

Wenn auch Versuche mit Stallmist nicht ohne weiteres übertragbar sind auf solche mit Fallaub oder Stroh, so haben sie andrerseits den Vorteil, daß die Gärtnerei und die Landwirtschaft daraus auf die Vorgänge im Boden, im Mistbeet und in Gewächshäusern Rückschlüsse ziehen kann.

Die Versuche werden ausführlicher geschildert in meiner Hauptarbeit über „Die Tierbesiedlung des Kompostes bei Zusatz verschiedener anorganischer Düngemittel im Flachkompostverfahren nach P. A. Hessing".

Hier soll die Collembolenfauna eingehender behandelt werden, der nach H. Gisin (1951) und G. Gisin (1952) eine besonders strenge ökologische Spe-

[1] Die Arbeit wurde ermöglicht durch ein Stipendium des Herrn Ministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen.

zialisierung zukommt, so daß sie sich zur Aufstellung von Leitformen besonders eignet.

Herrn P. Augustin Hessing danke ich für die ständige Unterstützung der Arbeit. Herr Dr. Gisin, Genf, hatte die Güte, mich bei der Bestimmungsarbeit durch wertvolle Hinweise und Anfertigung von Musterpräparaten zu unterstützen. Seine Anregungen waren für mich von besonderem Wert. Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Dr. Gisin an dieser Stelle dafür noch meinen besonderen Dank zu sagen. Herrn Prof. Dr. H. Wurmbach schulde ich Dank für die Anregung und Ermöglichung dieser Arbeit sowie seine stete Hilfsbereitschaft.

II. Material und Methode

Bei der Flachmistkompostierung wird der täglich in dem Rinderstall anfallende Mist mit 1/7 Erde vermischt in lockerer Lage (15—25 cm) kompostiert. Die Kompostbewohner dringen von unten in das frische Material ein. Es handelt sich dabei im wesentlichen um Milben, Collembolen und Oligochaeten (*Eisenia foetida* und Enchytraeiden). Auf 1 m² bei einer Tiefe von 10 cm befinden sich durchschnittlich 159 000 Collembolen, 72 000 Milben, 14 700 *Eisenia foetida* und 3700 Enchytraeiden (Mrohs 1956). Der Kompost wird — wie schon erwähnt — schichtweise angelegt, d. h. sobald die oberste Schicht eine entsprechende Humifizierung erreicht hat (nach 10—21 Tagen), wird eine neue Lage frischen Mistes aufgelegt. Parallel zu der Besiedlung des Stallmistes laufen typische Veränderungen des Materials. Bei Eindringen von *Eisenia foetida* ändert sich der Mistgeruch zu erst frischem, dann moderigem Walderdegeruch. Die typische Farbe wechselt zu mittelbraun über dunkelbraun bis zu beinahe schwarz-bläulich schimmernder Tönung. In diesem Zustand besteht auch keine Ähnlichkeit mit dem ursprünglichen Ausgangsmaterial. Lediglich kurze, schon völlig mürbe und verfärbte Strohreste weisen noch darauf hin. Sonst ist der Kompost von unzähligen Wurmgängen durchzogen und infolge der in großer Menge vorhandenen Tierlosung sehr locker.

1. Anlage der Versuche

Im Hinblick auf den Gegenstand der Arbeit, die Reaktion der Kompostbewohner auf Zusätze anorganischer Düngemittel zu erproben, wurde ein Teil einer bereits bestehenden Flachmistkompostanlage abgetrennt und in acht Parzellen von 3,75 × 2,25 m eingeteilt. Eine Parzelle dieser Größenordnung nahm jeweils 3 dz Frischmist auf. Neben dem üblichen Erdanteil (1/7 der Frischmistmenge) wurden den Parzellen folgende Mengen anorganischen Handelsdüngers zugesetzt:

Parzelle 1	Schwefels. Ammoniak	(21,15 % N)	= 1590 g
Parzelle 2	Kalkstickstoff	(20,60 % N)	= 1630 g
Parzelle 3	Kalkammonsalpeter	(20,28 % N)	= 1660 g
Parzelle 4	Thomasmehl	(13,58 % P_2O_5)	= 1990 g
Parzelle 5	Ruhrvolldünger V	(N : P : K = 10 : 8 : 18)	= 3360 g
Parzelle 6	Kalkstickstoff + Thomasmehl + Kali		= 4920 g
Parzelle 7	Kalisalz 40er	(41 % K_2O)	= 1300 g
Parzelle 8	weist als Kontrollparzelle keine Zusätze auf.		

Die Berechnung der zugesetzten Nährstoffmengen ist so erfolgt, daß N : P : K sich wie 10 : 8 : 18 verhalten.

Der frische Mist wurde von Hand locker auf die Parzellen aufgebracht und mit der Zusatzerde überstreut. Dann wurde die entsprechende Menge Handelsdünger hinzugefügt und zusammen mit der Erde in den Frischmist eingearbeitet. Anschließend erfolgte eine Abdeckung mit Streustroh als Verdunstungs- und Kälteschutz.

Diese erstmalig im Oktober 1953 in der beschriebenen Weise angelegten Komposte wurden jeweils nach 6 bis 7 Wochen mit einer Lage frischen Mistes sowie den angegebenen Zusätzen versehen und über alle Jahreszeiten insgesamt neunmal auf ihren Besatz mit Milben, Collembolen, *Eisenia foetida* und Enchytraeiden untersucht. In dieser Abhandlung soll im wesentlichen nur auf die Collembolenfunde eingegangen werden.

Die Ausführungen stützen sich hauptsächlich auf die Probenentnahmen von Komposten, deren Rotteverlauf nicht durch ungünstige Witterungseinflüsse gestört wurde. Insbesondere gilt dies für die Probenentnahmen vom 1. 12. 1953, 1. 5. und 14. 5. 1954, deren Auswertung auch graphisch erfolgt ist. Die Einzelergebnisse und Protokolle können im Zoologischen Institut, Bonn, eingesehen werden.

2. Probenentnahme

Die Probenentnahme insbesondere von frischen, strohigen Stallmistkomposten, bereitet erhebliche Schwierigkeiten. Mit Hilfe eines scharfen und zu einer Säge gefeilten Dolches gelang es jedoch, selbst dieses Material mühelos und sauber zu schneiden.

Die Flachmistkomposte besitzen einen relativ hohen Wassergehalt. Mit zunehmender Humifizierung sinkt der Wassergehalt, doch das Wasserhaltevermögen steigt. Während der ganzen Phase der Humifizierung sind die Komposte sehr stark mit Collembolen besiedelt. Aus diesen Gründen und auch entsprechend dem Verfahren von Land (1955) habe ich mich für ein Probenvolumen von $5 \times 5 \times 5$ cm $= 125$ cm³ entschieden. Die von Franz (1125 cm³) und Gisin (500 cm³) vorgeschlagenen Probengrößen sind für diesen Biotop nicht geeignet, weil das Austrocknen der Proben sich über mehrere Tage erstrecken würde und zudem die Menge des anfallenden Tiermaterials zu groß wäre. In den nur 125 cm³ großen Proben fand ich bis zu 3000 Collembolen. Zur Ermittlung des Durchschnitts sind drei Proben gewählt.

Bei der Probenentnahme wurde zunächst das über den Komposten lagernde Deckmaterial abgeräumt und nach einem senkrechten Schnitt das Profil freigelegt. Die Proben wurden jeweils der Schicht von 0—5 und 5—10 cm entnommen, in die aus Fliegendraht und Karton gefertigten Rundsiebe eingelegt und sofort im Berlese-Automaten verarbeitet.

3. Berlese-Methode

Der Berlese-Automatenschrank bestand aus 14 Glastrichtern. Die Trichter haben einen Durchmesser von etwa 20 cm und sind zur Vermeidung von Kondenswasserbildung mit Holzwolle und einem Papptrichter isoliert. 10

bis 15 cm über den Glastrichtern brennt eine 15 Watt starke Lampe als Licht- und Wärmequelle, wiederum mit einem Trichter aus Karton umgeben.

Die Collembolen sind als Bodenbewohner licht- und trockenheitsempfindlich. Werden die Proben mit Hilfe des Rundsiebes in die Glastrichter gelegt und von oben beleuchtet, so verlassen die Collembolen ihren Lebensraum und gelangen durch den Trichterhals in das darunter stehende Tötungsglas. Als Tötungsflüssigkeit diente Wasser mit einem Zusatz von denat. Alkohol.

Vor und nach dem Austrocknen wurden die Proben gewogen, um einen Anhaltspunkt über den Grad der Durchfeuchtung zu erhalten.

Nach 48 Stunden hatten auch die letzten Collembolen die Proben verlassen. Mit der Tötungsflüssigkeit wurden die Collembolen in eine Petrischale gespült, unter einem Binokular ausgezählt und mit einer Präpariernadel bis zur definitiven Bestimmung in ein Fixiergemisch gelegt.

Die Fixierflüssigkeit (nach Gisin) hatte folgende Zusammensetzung:

95 % Alkohol	75 ccm
Schwefeläther	22 ccm
Eisessig	4 ccm
40 % Formol	10 Tropfen

Es wurde darauf geachtet, daß hierin die Tiere möglichst bald zum Absinken gebracht wurden.

Zur Bestimmung der Collembolen wurde eine genügende Anzahl wiederum unter dem Binokular ausgelesen, auf einen Objektträger in einen Tropfen Milchsäure übertragen, der mit Eukitt umgeben und mit einem Deckglas verschlossen wurde. Danach wurden die Präparate beschriftet und leicht erwärmt. Nach der Bestimmung einer entsprechenden Anzahl unter dem Mikroskop wurden die übrigen Exemplare unter dem Binokular auf ihre Artenzusammengehörigkeit ausgezählt. Dies geschah wiederum in einer Petrischale, der zur Orientierung ein Gitterquadrat untergelegt war. In Zweifelsfällen wurden neue Präparate angefertigt. Das Bestimmen erfolgte nach Literatur von Gisin, H. (1944 und 1952) sowie Handschin (im Dahl 1929).

III. Die Einflüsse äußerer Faktoren auf die Collembolenpopulation

1. Die Einwirkung der Luft

Die lufterfüllten Hohlräume des Kompostes bzw. des Bodens stellen den eigentlichen Lebensraum der erdbewohnenden Collembolen dar. Schimitschek (1937) gibt an, daß unter gleicher wie verschiedener Pflanzendecke die Wohndichte der Collembolen bei hinreichender organischer Substanz mit steigender Luftkapazität zunimmt. Entsprechend nimmt mit zunehmender Bodentiefe die Besatzdichte mit Collembolen ab. So verzeichnet Schaller (1950) nach einer Tiefe von 15 cm eine deutliche Abnahme. Baudissin (1952) fand in einer Schicht von 5—10 cm die Hauptmenge an Collembolen. Für die Bodenverhältnisse könnte man noch geltend machen, daß mit der Tiefe nicht nur das Hohlraumvolumen abnimmt, sondern auch die Menge der organischen Stoffe (Nahrung). *Meine Erfahrungen bei der Stallmistkompostierung zeigen, daß dort nur das Fehlen von Hohlräumen und der mangelnde Gasaustausch die Besiedlung tieferer Lagen unmöglich machen,* da die verfügbare Nahrungsreserve überall gleich hoch ist. So wurde in meinen

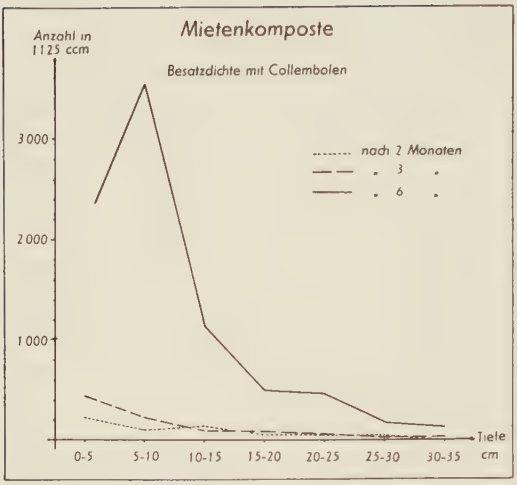

Abb. 1. Die Besiedlung von Mietenkompost

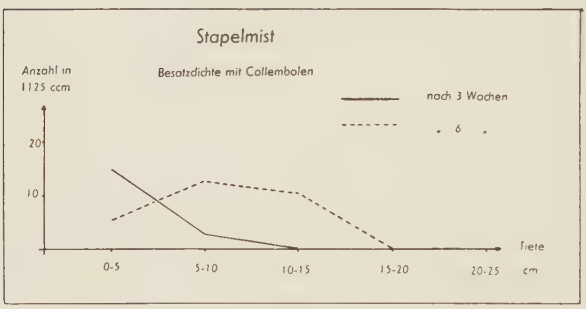

Abb. 2. Die Besiedlung von Stapelmist

Versuchen z. B. Stallmist, der zur Kompostierung locker in Mieten von 1,20 m Höhe angelegt wurde, kaum tiefer als bis zu 25—35 cm von den Kompostbewohnern besiedelt und verarbeitet (Mrohs 1956) (Abb. 1). Stapelmiste sind, insbesondere, wenn sie *gut gepflegt* werden, und gute Pflege bedeutet hier das Erreichen anaerober Verhältnisse, schon in der Zone von 10—15 cm, spätestens in 15—20 cm Tiefe praktisch tierleer (Mrohs 1956) (Abb. 2). *D. h. „bei genügend organischer Substanz ist nur dann der Besatz hoch, wenn gleichzeitig eine hohe Luftkapazität vorhanden ist"* (Schimitschek 1937). Aus diesen Erwägungen wird bei der Flachmistkompostierung bewußt der Stallmist nur in einer Schicht von 15—25 cm und unter aeroben Verhältnissen kompostiert; dadurch wird gleichzeitig auch eine Erhitzung über 35° C vermieden (Abb. 3).

2. Der Einfluß der Feuchtigkeit

Eine besondere Bedeutung haben der Feuchtigkeitsgehalt und die Temperaturverhältnisse für die Collembolen. Schaller (1949, 1951) hält die Temperatur und Feuchtigkeitsverhältnisse maßgebend für die Art der Verteilung der Collembolen. Auch das verschiedentlich maximale Auftreten von Collembolenpopulationen wird von den meisten Autoren dahingehend erklärt, daß eine hohe Feuchtigkeit als auslö-

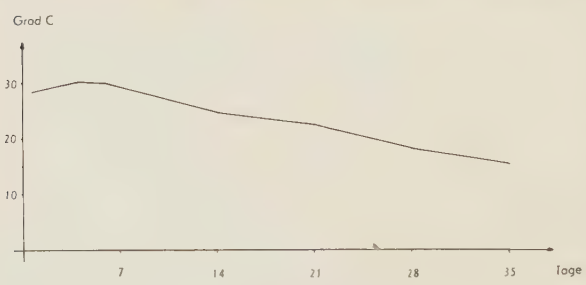

Abb. 3. Temperaturen im Flachmistkompost (Herbst 1953)

sender Faktor dafür in Frage käme (Franz 1948). Gisin, G. (1952) berichtet, daß *Hypogastrura assimilis* und *Isotoma olivacea* auffällig in der winterlichen Jahreszeit auftreten und mit der warmen Jahreszeit schlagartig verschwinden. *Hypogastrura assimilis* habe einen hohen Feuchtigkeitsanspruch, und es sei ihr nicht gelungen, diese Art zu finden, wenn Blätter erst im Sommer kompostiert wurden.

Von der Gesamtheit der Collembolenpopulation im freien Land ausgehend gibt Land (1954) Maximalwerte für den Sommer an, bei einzelnen Arten fand sie maximales Auftreten zu verschiedenen Jahreszeiten. Sie begründet dies mit dem Regenmaximum während dieser Jahreszeit. Ford (1937) und Glasgow (1939) schließen als Ursache für die gefundenen Maxima im Frühjahr und Herbst biologische Faktoren aus und sehen als Grund die ausgeglichenen Temperaturen und die Feuchtigkeitsverhältnisse dieser Jahreszeiten an.

Schimitschek (1937) dagegen konnte einen Zusammenhang zwischen der Wohndichte der Collembolen und der Wasserkapazität nicht feststellen. Auch Gisin, G. (1952) konnte bei ihren aufschlußreichen Versuchen über den Einfluß der Feuchte nicht zu Ergebnissen gelangen, die die Theorie von dem unmittelbaren Einfluß der Feuchtigkeit auf die Collembolen festigen könnten. Weit mehr hält sie mittelbare Einwirkungen für gegeben.

Die Ergebnisse meiner Untersuchungen weisen in eine ähnliche Richtung. Auch ich habe wie Gisin, G. (1952) die Proben vor dem Einlegen in den Berlese-Automaten gewogen, um durch Wägen nach dem Austrocknen der Proben einen Maßstab für den Grad der Durchfeuchtung zu erhalten. Diese Methode läßt bezüglich ihrer Genauigkeit zu wünschen übrig, indes sie vermittelt einen relativ guten Anhaltspunkt.

Der Feuchtigkeitsgehalt des frisch zur Kompostierung gelangenden Stallmistes liegt bei etwa 75 bis über 80 %. Reifer humifizierter Flachmistkompost enthält etwa 60 % Wasser. Es ist aber nicht möglich, daraus zu folgern, daß die Leitformen des reifen Kompostes *(Proisotoma spec.)* optimale Entwicklungsmöglichkeiten nur bei einem Feuchtegrad von 60 % hätten. Entsprechendes gilt für die Leitformen des Frischmistes *(Hypogastrura spec.)*. Bei den Feuchtigkeitsprozenten der einzelnen Proben lassen sich keine Gesetzmäßigkeiten erkennen, die geeignet wären, eine unmittelbare Abhängigkeit der jeweiligen Population vom Grade der Durchfeuchtung zu bestätigen. Störend wirkte in jedem Fall ein Übermaß an Wasser nach anhaltenden Niederschlägen. Die Collembolen scheuen sehr hohe Luft- und Bodenfeuchtigkeit, oder sie gehen daran zugrunde (Strebel 1932). Werden die Komposte über den Grad der möglichen Sättigung durchfeuchtet, so werden die Collembolen offensichtlich auch rein mechanisch aus ihrem Wohnort vertrieben. Zu wiederholten Malen konnte ich auf Sickerwässern neben den Komposten schwimmende Collembolen beobachten *(Hypogastrura spec.)* (Mrohs 1956). Darüber hinaus wird eine Verdrängung der Luft erfolgen, und vielleicht treten dabei Fäulnisprozesse auf, die das Nahrungsangebot ungünstig beeinflussen.

Ebenso schwer wird die normale Besiedlung erreicht, wenn die jungen Komposte durch übermäßige Sonneneinstrahlung austrocknen.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß für die Entwicklung der Collembolen in Stallmistkomposten Wassergehalte günstig sind, die sich in den Grenzen des feuchten Bereiches halten. Nur übermäßige Durchfeuch-

tung und weitgehende Austrocknung der Komposte, also Zustände, die schon durch eine grobsinnliche Betrachtungsweise erkennbar sind, stören die normale Collembolenpopulation.

3. Die Bedeutung der Nahrung für die Massenentwicklung der Collembolen

Für die Besiedlung eines Substrates mit Collembolen sind lufterfüllte Hohlräume und Feuchtigkeit erforderlich. Diese Faktoren werden aber im wesentlichen wirksam über den Umweg der Nahrung. Dem *Nahrungsangebot* selbst dürfte die größte Bedeutung zuzumessen sein. Es wirkt unmittelbar auf den Massenwechsel ein. Mit steigendem Nahrungsangebot nimmt auch die Besiedlungsstärke zu.

In diesem Sinne ist auch die Feststellung von Schaller (1951) zu deuten, daß mit der Vegetationsdichte die Wohndichte der Collembolen parallel geht. Ähnlich diesen Gedankengängen hält Gisin (1952) Außenfaktoren für die Fortpflanzungsfähigkeit der Collembolen insbesondere die Nahrung für bedeutsam.

Die unterschiedlichen Besatzdichten in nachstehender Tabelle sind wohl im wesentlichen auf den Einfluß der Nahrung und deren Zustandsstufen zurückzuführen. In den ersten Stadien der Zersetzung wird die organische Substanz viel stärker von Collembolen besiedelt (Gisin, H. 1955), wie auch die Synusie mit zunehmender Verrottung artenreicher, nach Erreichen eines gewissen Rottestadiums aber individuenärmer wird (Franz 1950). Diese Feststellungen fand ich an den Stallmistkomposten bestätigt.

Die Menge der im organischen Bestandsabfall vorhandenen Energie nimmt mit zunehmender Mineralisierung ab. Der Rest wird außerdem immer schwerer aufschließbar. Ebenso nimmt aber auch die Menge der in den Organismen gespeicherten Energie ab, die auf dem Wege der Nahrungskette nur umgeladen wird (Tischler 1955).

Auf 1 m² wurden an Collembolen gezählt

Lage der Proben	Biochorien	Anzahl	Autor	
0–20 cm	schw. bind. Lehm	7 100	Baudissin	1952
0–20 cm	l. sand. Boden	8 600	Baudissin	1952
0–23 cm	Ackerboden (?)	10 700	Krüger	1952
0–25 cm	Ackerboden (Lößlehm)	20 300	Land	1954
0–10 cm	Stapelmist	55 400	Mrohs	1956
0–10 cm	gestapelter Mist	220 000	Franz	1948
5–10 cm	Stapelmist	48 400	Mrohs	1956
5–10 cm	Rindermist mit Streustroh (Stapel)	132 230	Franz	1950
0–10 cm	Flachmistkompost (Rindermist)	159 900	Mrohs	1956

Die Zahlenangaben beziehen sich auf verschiedene Bodentiefen, so daß eine direkte Vergleichsmöglichkeit nicht besteht.

Nach meinen Erfahrungen an Flachmistkomposten nimmt die Besiedlungsstärke mit zunehmender Tiefe stetig ab. In Mietenkomposten fand ich bei weitgehender Mineralisierung der obersten Schicht höhere Besatzstärken in den Lagen von 5—10 und 10—15 cm. Dem Grade der Durchlüftung nach

war die Besiedlungsintensität von Stapelmist bei 15 cm und von Flach- und Mietenkomposten bei 25—35 cm nur noch unbedeutend.

Die Angaben von Franz (1948, 1950) liegen sehr hoch. M. E. kann es sich dabei nicht um richtig gepflegte Stapelmiste gehandelt haben. Die Individuenzahl meiner Befunde liegt erheblich niedriger. Dabei war von den 32 Einzelproben, die zur Berechnung der von mir angegebenen Zahlen gedient haben, in 13 Proben der Besatz gleich Null. Bei der Untersuchung der Randzone des Stapelmistes kam ich zu ähnlichen Zahlen wie Franz. Diese Zone läßt sich bekanntlich nur schlecht festtreten und wird infolge ihrer guten Durchlüftung auch sehr stark von Collembolen besiedelt. Nach ihrer Artenzugehörigkeit handelte es sich dabei ausschließlich um *Hypogastrura assimilis*.

IV. Die Ausbildung von Lebensformen

Die Ausbildung von sogenannten *Lebensformen* ist bei den Collembolen besonders gut zu beobachten (Gisin 1943). Die Bewohner der oberen Bodenschichten zeichnen sich durch besondere Größe, Reichtum an Pigment und durch ein gutes Sprungvermögen aus; z. B. *Orchesella*, ein Bewohner der oberen Krautschicht (Schaller 1949). Bei *Friesea mirabilis* bestehen Beziehungen zwischen der Intensität der Pigmentierung und der Tiefenverteilung (Strenzke 1947). Auch die Sinnesorgane sind bei den Arten in besonderer Weise dem Lebensplatz angepaßt. Die Oberflächenformen besitzen Augen. Tiefenformen sind zum Teil augenlos und zeichnen sich durch Ausbildung spezifischer Sinnesorgane aus. Auch die Körperform wandelt sich und nähert sich dementsprechend immer mehr der Wurmform. Die Furca verliert ihre Funktion oder wird völlig rückgebildet.

Es ist bezeichnend, daß die von mir im folgenden beschriebene Reihenfolge in der Besiedlung der Arten in der Ausbildung von Lebensformen der Veränderung des Lebensraumes folgt. Je mehr sich das untersuchte Material verändert, d. h. einen erdigen Charakter annimmt, um so mehr treten Formen auf, die ihrer Organisation nach mehr zu den Bewohnern der tieferen Bodenschichten zu zählen sind *(Hypogastrura — Friesea — Onychiurus — Proisotoma)*.

V. Ergebnisse

In den Abb. 4 und 5 sind drei der Probenentnahmen dargestellt worden. Die Auswertung bezieht sich auf alle acht zur Untersuchung gelangten Komposte. Zum Verständnis der Darstellung ist es erforderlich, den Verlauf der Rotte in den einzelnen Parzellen zu beschreiben.

Die Flachmistkomposte mit Zusätzen von Thomasmehl zeichneten sich dadurch aus, daß sie mit deutlichem Abstand vor allen anderen Komposten humifizierten, d. h. eine erdige Zustandsstufe erreichten. Die in Teil II beschriebene Umwandlung erfolgte hier am schnellsten. Sie fand 7 bis 14 Tage vor der Kontrolle statt. Nach dem Aussieben der verschiedenen Komposte konnte festgestellt werden, daß die Menge des zerkleinerten „zerfressenen" Materials hier am größten war. Grobe Bestandteile in der Größenordnung über 9 mm waren in dem Thomasmehl-Kompost nur noch bis zu 19 % fest-

zustellen (Mrohs 1956). Als nächste folgten der Kompost mit Kalisalz (23 %) und die Kontrolle (32 %).

In den Komposten mit Zusätzen N-haltiger Handelsdünger war der Gang der Verrottung wesentlich verzögert. In den ersten zwei bis fünf Wochen war kaum eine Veränderung des Stallmistes festzustellen. Danach trat erst allmählich eine Umwandlung dieser Komposte ein. Eine ausgesprochene Reihenfolge für diesen Verrottungsvorgang innerhalb der Komposte mit N-haltigen Handelsdüngern war nicht zu erkennen. Lediglich der Kompost mit Kalkammonsalpeter verrottete ziemlich regelmäßig erst nach allen anderen Komposten. Dabei ist festzustellen, daß Stallmist ein von Natur aus verhältnismäßig stickstoffreiches Substrat im Gegensatz zu Fallaub oder Stroh darstellt. Letzteres könnte sich eventuell ganz anders verhalten, wurde aber nicht untersucht.

Wenn man nach den Gründen für das zeitliche Nacheinander der Humifizierung der verschiedenen Parzellen sucht, so ist eine Erklärung nur über den ungleich starken Massenwechsel der Kompostbewohner in den unterschiedlichen Komposten möglich. Die Besatzdichten mit Collembolen und auch der Lumbriciden stufen sich in den einzelnen Parzellen ebenso ab, wie auch rein visuell eine unterschiedlich schnelle Humifizierung zu erkennen war. Eine bedeutendsvolle Besonderheit zeigte die Parzelle mit schwefelsaurem Ammoniak, die noch besprochen werden soll (s. S. 658).

Die potentielle Ernährungsmöglichkeit dürfte in allen untersuchten Komposten gleich hoch sein, aber nur die *ausgenutzte* bzw. nutzbare *Nahrung* beeinflußt die Durchschnittsdichte der Tiere (Tischler 1955). Es müßten also Faktoren wirksam sein, die in den Thomasmehl- und Kalisalzparzellen die Ausnutzung erhöhen und in den Komposten mit N-Zusätzen stören. Inwieweit ein Fehlen oder ein Zuviel der unterschiedlichen Mineralien die Collembolen direkt oder über einen Umweg beeinflußt, müßte noch eingehend untersucht werden. Meine Aufgabe soll nur sein, die Auswirkungen zu beschreiben.

1. Die ökologische Spezialisierung der Arten im Flachmistkompost

Mit fortschreitender Zersetzung erleiden die verrottenden Massen der Stallmistkomposte eine stete Veränderung ihrer Eigenschaften. Für die Verhaltensweisen der Collembolen ist es charakteristisch, daß die einzelnen Gattungen resp. Arten nur eine spezifische Zustandsstufe innerhalb des Abbaues der organischen Massen als Nahrungsreserve bevorzugen (vgl. Gisin 1951). Die ökologische Spezialisierung der Collembolen läßt sich an Flachmistkomposten wie folgt erkennen:

Hypogastrura denticulata und *H. assimilis* sind gebunden an die erste Zersetzungsphase. Sie besiedeln als erste die frischen Stallmistkomposte mit noch grünlicher Farbe und typischen Mistgeruch; Zersetzungserscheinungen sind visuell noch nicht zu erkennen. Ein gleiches Verhalten von *Hypogastrura denticulata* beschreibt Land (1956) bei der Klärschlammrotte.

Das Erscheinen von *Friesea mirabilis* in Flachmistkomposten geht parallel mit dem Schwinden des Mistgeruches und beginnender Braunfärbung. *Onychiurus fimatus* ist gebunden an eine Zersetzungsphase, während der der Stallmistkompost Walderdegeruch und eine intensive Braunfärbung angenommen hat. Das Material hat dann noch einen relativ hohen Feuchtigkeits-

grad. Einen sehr hohen Massenwechsel dieser Species habe ich nicht feststellen können, so daß gelegentlich die Funde sehr spärlich sind oder gänzlich unterbleiben. Als Endbesiedler sind schließlich *Proisotoma minuta* und *P. thermophila* anzusehen. Für alle genannten Arten gilt, daß sie mit der ihnen gemäßen Zersetzungsphase eine aufsteigende Entwicklung nehmen und danach, d. h. nach Abklingen der für sie optimalen Zustandsstufe, mit einem gewissen Verzug ihre Populationsdichte abnimmt.

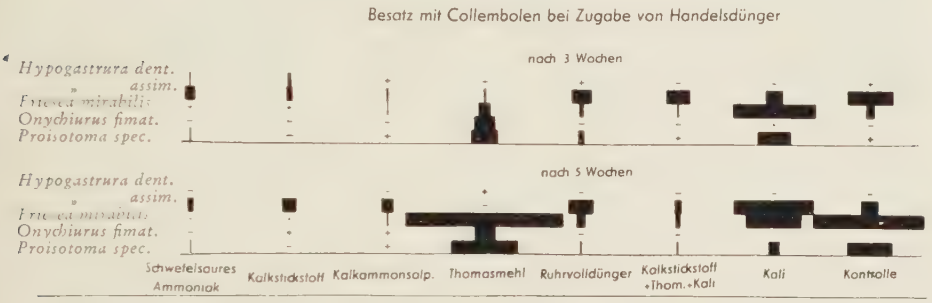

Abb. 4. Die Collembolenpopulation in Flachmistkomposten nach 3 und 5 Wochen (Frühjahr 1954)

Die Abbildung 4 gibt zwei horizontale und auf Grund der verschiedenen Zersetzungsphasen auch vertikale Aufnahmen von der Collembolenbesiedlung in den acht Komposten nach jeweils drei und fünf Wochen. Die Anlage dieser Komposte erfolgte zum gleichen Zeitpunkt (23. 4. 1954). Am schnellsten wird der höchste Grad der Humifizierung, wie schon erwähnt, von der Parzelle mit Thomasmehl erreicht, danach von der Kali- und der Kontrollparzelle. Die Komposte mit Zusätzen N-haltiger Handelsdünger folgten erst mit weitem Abstand. Dementsprechend verhalten sich auch die Collembolenpopulationen. Die strenge ökologische Spezialisierung der einzelnen Collembolenarten auf den Zersetzungsgrad der organischen Substanz wird hier sehr deutlich.

In der Parzelle mit *Thomasmehl* (Abb. 4) ist nach drei Wochen im gewählten Beispiel die Population der Erstbesiedler *(Hypogastrura spec.)* kurz vor dem völligen Abklingen. Die Entwicklung der nachgenannten Spezies bahnt sich an. Nach fünf Wochen hat *Friesea mirabilis* ihre Maximaldichte erreicht. Die Anzahl von *Proisotoma spec.* hat erheblich zugenommen. In der *Kalisalz-Parzelle* ist ein starkes Hervortreten von *Friesea mirabilis* zu vermerken. Nach fünf Wochen rückt hier noch einmal *Hypogastrura assimilis* in den Vordergrund. Die Ursache dafür dürfte in der Probenentnahme liegen. Das Protokoll bezeichnet die drei Wochen alten Proben als gut und die fünf Wochen alten Proben als mäßig zersetzt. In der *Kontrollparzelle* ist wieder eindeutig von drei auf fünf Wochen die Abnahme der Erstbesiedler und eine Zunahme der Endbesiedler festzustellen.

Die Flachmistkomposte mit Zusätzen N-haltiger Handelsdünger stehen nach drei Wochen alle im Zeichen der beginnenden Besiedlung durch die Erstbesiedler *(Hypogastrura).* Auch nach fünf Wochen hat sich das Bild kaum wesentlich verschoben. Es tritt eine Stagnation des Kompostierungsvorganges ein, die auch in der Collembolenpopulation einen deutlichen Ausdruck erhält.

In den Komposten mit Ruhrvolldünger und mit dem Gemisch aus Kalkstickstoff, Thomasmehl und Kalisalz ist eine Beschleunigung des Kompostierungsvorganges durch die Komponenten Phosphorsäure und Kali nicht sichtbar erfolgt. Trotzdem ist in den beiden genannten Parzellen eine merkliche Erhöhung der Collembolenpopulation, im Vergleich zu den nur mit Stickstoffdüngern behandelten, zu verzeichnen (Abb. 6).

Das Problem der ungünstigen Einwirkungen der N-haltigen Zusätze auf die Kompostbewohner (ähnliches gilt auch für die Lumbriciden) liegt m. E. darin, daß Stallmiste im Vergleich zum natürlichen Bestandsabfall über einen relativ hohen Gehalt an Stickstoff verfügen. In Blattkomposten hingegen stellte Gisin, H. (1952) bei Zugabe von 20‰ Cyanamid eine Steigerung der Collembolenpopulation fest (*Folsomia candida* und *Onychiurus fimatus*).

Der Massenwechsel der einzelnen Arten vollzieht sich entsprechend der raschen Umsetzung außerordentlich schnell. Das Problem der spontanen Besiedlung und des Überdauerns ungünstiger Verhältnisse bedarf für die Collembolen noch eingehender Untersuchungen.

Auch die Flachmistkomposte mit Zusätzen anorganischer N-Düngemittel humifizierten nach einer gewissen Dauer, sofern die erneute Auflage des frischen Mistes verspätet erfolgte. Offensichtlich stellen die N-Gaben zu Stallmistkomposten aus dem schon genannten Grunde eine schädliche Überdosierung dar. Diese Überdosierung muß vermutlich erst durch mikrobielle oder andere Vorgänge kompensiert werden, bevor die übliche Kompostfauna sich einstellt. Durch chemische Analysen waren in den schon humifizierten Komposten die zusätzlich mit den Handelsdüngern eingebrachten N-Mengen nicht nachzuweisen (Mrohs 1956).

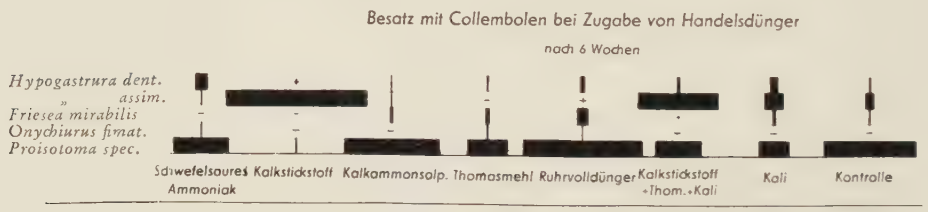

Abb. 5. Collembolenpopulation in 6 Wochen alten Flachmistkomposten (Herbst 1953)

Die Abbildung 5 (nach sechs Wochen) gibt die unterschiedliche Population eines derartigen Zeitpunktes wieder. Der Thomasmehl-Kompost weist nur noch Spuren der Erstbesiedler auf; selbst die Population von *Proisotoma spec.* hat ihr Maximum längst überschritten und nähert sich dem Ende. In der Kontrollparzelle klingen die Maximalwerte der Endbesiedler noch nach. Der Kali-Kompost zeigt noch ein Nebeneinander der beiden extremen Populationen. Bei Ruhrvolldünger ist das Ende der ersten Besiedlungsphase erreicht und die maximale Ausbreitung der Population der Endbesiedler erfolgt. Im Kalkammonsalpeter-Kompost läßt sich ein ähnliches Verhalten erkennen. Der Kompost mit schwefelsaurem Ammoniak zeigt beginnende Endbesiedlung. In dem Kompost mit dem Gemisch von Kalkstickstoff, Thomasmehl und Kalisalz existiert noch ein erheblicher Teil der Erstbesiedler;

die Endbesiedlung läuft jedoch an. In der Parzelle mit Kalkstickstoff ist die Humifizierung immer noch nicht angelaufen. Die hervortretende Massenvermehrung von *Hypogastrura assimilis* kennzeichnet diesen Zustand.

Erreichen also die mit N-haltigen Handelsdüngern versehenen Komposte die als charakteristisch angegebenen Humifizierungsgrade, so weisen auch sie die typische Collembolenpopulation auf. Die Thomasmehl- und Kalisalzkomposte verrotten jedoch wesentlich schneller.

Die Beschleunigung oder Verzögerung der Humifizierung läßt sich an Stallmistkomposten am Geruch und Aussehen sehr leicht beurteilen, wenn auch nicht die Frage nach Ursache und Wirkung. Bei einem Material, wie es Blattkomposte darstellen, dürften die Phasen der Zersetzung langsamer ablaufen und daher stärker ineinander übergreifen.

2. Die besondere Bedeutung der Collembolen für die Humifizierung des Bestandesabfalls

Die Collembolen bilden, trotz ihrer hohen Besatzdichte, gegenüber den Lumbriciden einen verhältnismäßig geringen Teil der Biomasse des Flachmistkompostes. Trotzdem scheint mir ihre Tätigkeit im Hinblick auf die Humifizierung des Stallmistkompostes besonders bedeutungsvoll zu sein. So waren die Komposte mit schwefelsaurem Ammoniak sehr reich mit *Eisenia foetida* besetzt. Sie folgten in der Besiedlungsdichte der Thomasmehl-Parzelle, die stets die höchste Anzahl von *Eisenia foetida* enthielt. Trotzdem ging in den Komposten mit schwefelsaurem Ammoniak die Zersetzung des Mistes und die Umwandlung der Farbe nicht schneller vonstatten als in den übrigen Komposten mit Stickstoffzusätzen; denn diese Parzelle enthielt nur eine geringe Collembolenpopulation (Abb. 6).

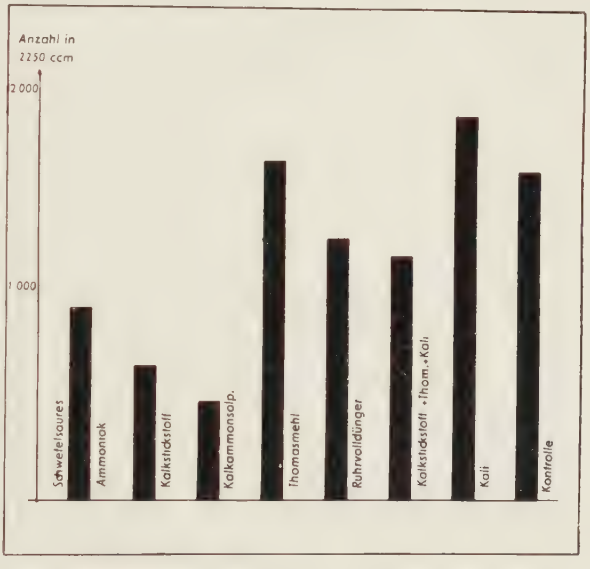

Abb. 6. Die Collembolenbesiedlung verschiedener Flachmistkomposte (1953—1954, Durchschnitt nach 51 Einzelproben)

Schaller (1950) gibt an, daß 1000 Collembolen täglich 5 mm³ Humus liefern würden. Es erscheint mir aber fraglich, ob es mit Hilfe einer produktionsbiologischen Rechnung allein möglich ist, diesen Fragenkreis einzuengen. Vielmehr nehme ich an, daß den Collembolen bei der Humifizierung des Bestandsabfalls eine spezifische Rolle zukommt oder daß ein bestimmtes Verknüpfungsgefüge einer Lebensgemeinschaft für die Qualifikation der Humifizierung entscheidend ist.

Die von mir beschriebenen und auf deren Tierbesiedlung untersuchten Flachmistkomposte wurden anschließend im Gewächshaus mit Salat, Tomaten und Calceolarien erprobt. In diesen Versuchen stuften sich *Wuchsfreudigkeit und Gesundheit* der Sämlinge und Pflanzen streng in der Weise ab, wie die Komposte zuvor von Collembolen besiedelt waren (Abb. 6).

VI. Diskussion

Untersuchungen im Freiland sind stets mit einem großen Unsicherheitsfaktor behaftet. Die Witterungsbedingungen verlaufen nur selten ideal. Bei meinen neun Untersuchungsreihen sind praktisch nur in drei Fällen gleiche Bedingungen garantiert. Und selbst für diese Probenentnahmen könnte man als Einwand geltend machen, daß die von mir geschilderte Reihenfolge in der Besiedlung nicht eindeutig abläuft. Denn in den Kontroll- und Kalisalzparzellen ist *Onychiurus fimatus* nicht gefunden worden. Trotzdem habe ich diese Spezies als eine charakteristische Leitform bezeichnet. Zu dieser Auffassung berechtigen mich die Erfahrungen, die ich neben den planmäßigen Probenentnahmen gemacht habe. Diese Erfahrungen gehen soweit, daß ich bei den dortigen sich ungestört entwickelnden Flachmistkomposten, nach Beurteilung des Substrates nach Geruch und Aussehen, mit 90%iger Sicherheit die betreffende Collembolenpopulation voraussagen kann. In den Ergebnissen habe ich darauf hingewiesen, daß *Onychiurus fimatus* nicht eine so große Massenvermehrung erreicht wie die anderen Arten. Vielleicht wären andere Probenvolumina zur eindeutigen Erfassung von *Onychiurus fimatus* erforderlich.

Für den Nachweis der angegebenen Reihenfolge in der Besiedlung besitze ich leider nur die Probenentnahmen vom 1. 5. und 14. 5. 1954, so daß ich mehr oder weniger mich auf eine indirekte Beweisführung beschränken mußte. Es ist also nicht möglich zu sagen, ob z. B. in der Thomasmehlparzelle in dem zu erwartenden *Hypogastrura*-Stadium die *Hypogastruriden* eine so große Massenvermehrung erreichen wie später in der Kalkstickstoffparzelle, und umgekehrt, ob die Kalkstickstoffkomposte später eine so große Population von *Proisotoma spec.* aufweisen würden wie die Thomasmehlkomposte.

Eindeutig geht jedoch aus den Untersuchungen die *strenge Bindung* der einzelnen Arten *an eine charakteristische Zustandsstufe der Flachmistkomposte* hervor. Die verschiedenen Arten besitzen also einen *ausgesprochenen Zeigerwert,* so daß ich die Einteilung in Erst- und Endbesiedler für richtig halten muß. Ein Rätsel bleibt, wie es möglich ist, daß innerhalb kürzester Zeit (nach Abb. 4 schon nach 14 Tagen) neue Generationen auftreten können. Es dürfte sich auch bei den Besiedlern der Komposte um speziell angepaßte Arten handeln, die befähigt sind, spezifisch hohe Gaskonzentrationen (wie von CO_2, NH_3 etc.) zu ertragen. Ebenso bedeutsam dürften die in diesem Milieu herrschenden Temperaturen sein, die eventuell einen rascheren Ablauf der Entwicklung ermöglichen (s. Abb. 3). Ferner mag die Möglichkeit der Besiedlung über das alte darunter lagernde Material eine gewisse Rolle spielen. Den deutlichsten Einfluß zeigten jedoch die anscheinend unterschiedlichen Ernährungsmöglichkeiten der untersuchten Auflagen.

Wenn in den bisherigen Abhandlungen eine ökologische Spezialisierung der Collembolen nicht eindeutig erkannt werden konnte, dann liegt es wohl

im wesentlichen an dem Stande der Forschung, der es selbst heute noch nicht ermöglicht, gewisse Zustandsstufen innerhalb der Umwandlung des organischen Bestandsabfalls zu präzisieren. So sagt z. B. die Bezeichnung „Humusproduzent" für eine Collembolenart recht wenig aus. Humus ist ein noch viel zu wenig differenzierter Sammelbegriff. Selbst die Einteilung in Nähr- und Dauerhumus ist ziemlich willkürlich und anfechtbar. Für fast alle Arten der erdbewohnenden Collembolen gilt, daß sie am Abbau des organischen Bestandsabfalls beteiligt sind und somit insgesamt als „Humusproduzenten" zu gelten haben. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Arten liegen bei dem Punkt, in dem spezifische Zustandsstufen von „Humus" von ihnen als Nahrungsreserve bevorzugt werden. Möglicherweise werden manche Arten sich euryphag verhalten, d. h. über eine große Nahrungswahlbreite verfügen.

Es darf nicht wundern, wenn augenscheinlich recht unterschiedliche Biotope gemeinsame Züge in der Collembolenbesiedlung aufweisen. Die Lebensansprüche der Arten können in verschiedenen Gebieten unverändert bleiben, auch wenn der allgemeine Biotopcharakter sich ändert (Tischler 1955). Im Boden wird ständig ein Nebeneinander der Abbaustufen der organischen Substanz vorhanden sein.

Zur Kenntnis und Aufstellung entsprechender Leitformen für bestimmte Zustandsstufen ist es erforderlich, die Fundorte möglichst eingehend zu beschreiben. So dürfte es vielleicht zu einem späteren Zeitpunkt möglich werden, die spezifischen Ansprüche der einzelnen Collembolenarten zu erkennen. Bis dahin müssen, um die Bindung der Arten an eine bestimmte Umsetzungsphase benennen zu können, spätere Ergebnisse der Forschung in der Mikrobiologie sowie der Agrikulturchemie abgewartet werden.

VII. Artenliste mit Angabe der Ansprüche der vertretenen Arten

Hypogastrura denticulata

Typischer Erstbesiedler der Stallmistkomposte, verschwindet nach Vererdung des Materials. Abhängigkeit von der Jahreszeit nicht festzustellen, wahrscheinlich infolge der ausgeglichenen Temperaturverhältnisse in den Mistkomposten. Durch reichliche Niederschläge wird sie aus ihrem Biotop verdrängt.

Nach Gisin (1952) verlangt sie Wärme zur Entwicklung, im Kompost nur im Sommer oder an warmen Standorten. Oberflächenvagabund (Gisin 1955). Nach Land (1956) ein Frührottetier bei der Besiedlung von Klärschlamm.

Hypogastrura assimilis

Besiedelt hauptsächlich frische, noch unzersetzte Mistkomposte in bedeutend größerer Zahl als *H. denticulata*. Auftreten zu allen Jahreszeiten, nur gebunden an die spezifische Zersetzungsphase. Bei grünlicher Farbtönung des Stallmistkompostes und Geruch nach Mist.

Nach Gisin (1952) hoher Feuchtebedarf; eine gemeine Winterart in gut durchlüfteten Komposten.

Friesea mirabilis

Regelmäßig in Stallmistkomposten mittlerer Zersetzungsphase bei Eintritt brauner Farbtönung und Vererdung.

Nach Gisin (1952) in Komposten nur sporadisch. Nach Franz (1948 und 1950) ein Bewohner humosen Bodens, auch versumpfter Wiesen und der Hochmoore, echter Bodenbewohner und echte Humusform, gelegentlich in gut verrottendem Stallmist, meidet frischen Mist. In verschiedenen Standorten in der Nähe von Seen und feuchten Wiesen (Strenzke 1937).

Onychiurus fimatus

Auftreten in gut verrotteten Stallmistkomposten mit Walderde-Geruch. Hier auch nicht durch anorganische N-Gaben gefördert, im Gegensatz zu Gisins (1952) Versuchen mit Blattkomposten. Funde zu allen Jahreszeiten. Erste Funde für Deutschland.

Nach Gisin (1952) in mittelfeuchten Komposten oft massenhaft, pflanzt sich in der Regel nur bei niedrigen Temperaturen fort, ohne im Sommer auszusterben.

Proisotoma minuta

In ausgereiften, krümeligen Stallmistkomposten zu allen Jahreszeiten. Als Endbesiedler anzusprechen. Gegenüber den vorgenannten Arten sind relativ geringere Feuchtigkeitsgrade für die oft sehr hohe Massenvermehrung (3000 Exemplare in 125 ccm Flachmistkompost) ausreichend.

Nach Franz (1948) im Stallmist an erster Stelle, echter Bodenbewohner. Auf Müllplätzen (Tischler 1952/53).

Proisotoma thermophila

Ansprüche ähnlich wie bei *Pr. minuta*. Besondere Vorliebe für Wärme nicht zu erkennen. Beim Auftreten von *Hypogastrura spec.* herrschen in den Komposten höhere Wärmegrade (30° C). Beim Erscheinen von *Proisotoma spec.* 20° C und tiefer.

Nach Gisin (1952) wärmebedürftige Art u. a. in heißgärenden Komposten. Nach Franz (1948) in Treibhäusern, Pferde- und Rindermist.

Isotoma olivacea

Auftreten neben den *Proisotoma*-Arten, nie in Stapelmisten. Nach Gisin (1952) Charakterart der winterlichen Zersetzungsphase, stirbt Mai, Juni regelmäßig aus.

Liebt feuchte Standorte in Moosrasen und Streudecke der Waldböden, in Acker- und Grünlandböden und gut verrottetem Stallmist (Franz 1948 und 1950).

Isotoma viridis

4 Exemplare.

Nach Franz (1948) Leitform des Wiesenbodens, in stark verrottendem Stallmist, im Moosrasen, Fallaub und Ackerboden.

Lepidocyrtus cyaneus

In Stallmistkomposten während des ganzen Jahres zu finden ohne besondere Gesetzmäßigkeit, wahrscheinlich euryphager Vertreter.

Nach Franz (1948 und 1950) Kosmopolit in Acker- und Wiesenböden und im Stallmist. Sporadisch im Kompost (Gisin 1952). Starke Verbreitung in Trümmerstellen (Tischler 1952/53).

Sinella caeca

Gelegentlich in Stallmistkomposten zu allen Jahreszeiten, spezifische Ansprüche nicht ersichtlich.

Nach Franz (1950) lichtscheu, an Leichen und auch im Dünger. Wärme- und Humusbedürftig (Gisin 1952).

Isotomurus palustris

Gelegentliche Funde im Winter, dann reichliche im Sommer nach anhaltenden Regenfällen.

In feuchten Örtlichkeiten, Acker und Wiesen, Oberflächenform auch im Rindermist (Franz 1950). In der Nähe von Seen und feuchten Wiesen (Strenzke 1937).

Gelegentliche Funde

Folsomia litsteri, Entomobrya spec., Heteromurus nitidus, Lepidocyrtus lanuginosus, Orchesella spec., Sminthurus spec., Neanura muscorum, Bourletiella mixta.

VIII. Zusammenfassung der Ergebnisse

1. Die Collembolen des Flachmistkompostes lassen eine deutliche Bindung an charakteristische Zersetzungsphasen erkennen, so daß es möglich ist, entsprechende Leitformen zu benennen.
2. Frische Flachmistkomposte mit grünlicher Farbe und Geruch nach Mist werden vornehmlich durch *Hypogastrura assimilis* und *Hypogastrura denticulata* besiedelt.
3. Bei bräunlicher Farbtönung und schwindendem Mistgeruch bildet *Friesea mirabilis* den größten Teil der Collembolenpopulation.
4. *Onychiurus fimatus* ist die Leitform gut verrotteter dunkelbrauner Flachmistkomposte mit Walderdegeruch.
5. Bei weiterer Humifizierung, der in der Regel ein Sinken des Wassergehaltes parallel geht, bilden *Proisotoma thermophila* und *Proisotoma minuta* die wesentlichen Bestandteile der Collembolenpopulation.
6. Die Flachmistkomposte mit Thomasmehl und Kalisalz erreichen wesentlich schneller den gewünschten Humifizierungsgrad.
7. In der Regel werden die eben genannten Komposte auch stärker besiedelt als die Kontrolle.
8. An den Komposten mit Zusätzen N-haltiger Handelsdünger war eine erhebliche Verzögerung in der Humifizierung und der Besiedlung mit Collembolen festzustellen.
9. Die Besatzdichten mit Collembolen lagen hier unter denen der Kontrolle.
10. Erreichen die mit Stickstoff versehenen Flachmistkomposte nach längerer Zeit eine entsprechende Humifizierung, so wurden auch dort die typischen Leitformen in entsprechend hoher Anzahl gefunden.

Zusammenfassung

Sinn und Ziel der Untersuchungen lag in der Feststellung der Besiedlung des Flachmistkompostes mit Collembolen und des Einflusses verschiedener anorganischer Düngemittel auf diese Population.

Für die Verhaltensweise der Collembolen ist charakteristisch, daß die einzelnen Gattungen resp. Arten nur eine spezifische Zustandsstufe innerhalb des Abbauprozesses als Nahrungsreserve bevorzugen. Die ökologische Spezialisierung der Collembolen läßt sich an Flachmistkomposten wie folgt erkennen.

Hypogastrura denticulata und *Hypogastrura assimilis* sind gebunden an die erste Zersetzungsphase. Sie besiedeln als erste die frische Flachmistkomposte mit noch grünlicher Farbe und typischem Mistgeruch; Zersetzungserscheinungen sind visuell noch nicht zu erkennen.

Das Erscheinen von *Friesea mirabilis* in Flachmistkomposten geht parallel mit dem Schwinden des Mistgeruchs und beginnender Braunfärbung.

Onychiurus fimatus ist gebunden an eine Zersetzungsphase, während der der Stallmistkompost Walderdegeruch und eine intensive Braunfärbung angenommen hat.

Als Endbesiedler sind danach *Proisotoma minuta* und *P. thermophila* anzutreffen.

Summary

This work was undertaken to find out the way in which dung compost is colonized by Collembola and the effect of inorganic fertilizers on this colonization.

The individual genera or species of Collembola prefer a specific stage of decomposition of the food material. The sequence of species in dung compost is as follows:

Hypogastrura denticulata and *H. assimilis* are associated with the first stage of decomposition and colonize the fresh compost whilst it is still green and smelling of dung without any visible signs of decomposition.

Friesea mirabilis appears when the smell of dung is lost and the material starts to turn brown.

Onychiurus fimatus occurs when the compost is dark brown in colour and smells of forest earth.

The last to appear are *Proisotoma minuta* and *P. thermophila.*

Literatur

Baudissin, Graf F. v., Die Wirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Collembolen und Milben in verschiedenen Böden. Zool. Jb. (Syst.) 81, 47–90 (1952).

Ford, J., Fluctuations in natural populations of Collembola and Acarina. J. anim. Ecol. 6, 98–111 (1937) (zitiert nach Schaller 1950).

Franz, H., Untersuchungen über die Kleintierwelt ostalpiner Böden. Zool. J. 77, 81–162 (1948).

Franz, H., Neue Forschungen über die Rotte von Stallmist und Kompost. Wien 1950.

Gisin, G., Oekologische Studien über die Collembolen des Blattkomposts. Rev. suisse de zool. Geneve 1952.

Gisin, H., Ökologie und Lebensgemeinschaften der Collembolen im schweizerischen Exkursionsgebiet Basels. Rev. Suisse de Zool. 50, 131–224, 1943.
Gisin, H., Hilfstabellen zum Bestimmen der holarktischen Collembolen. Basel 1944.
Gisin, H., Neue Forschungen über Systematik und Ökologie der Collembolen. Die Naturwiss. H. 23, S. 549 (1951).
Gisin, H., Notes sur les Collemboles, avec démembrement des Onychiurus armatus, ambulans et fimetarius auctorum. Mitt. d. Schweiz. Ent. Ges. (1952).
Gisin, H., Recherches sur la relation entre la faune endogée de Collemboles et les qualités agrologiques de sols viticoles. Rev. suisse de zool. Geneve (1955).
Glasgow, J. P., A population study of subterrean soil Collembola. J. animal. Ecol. 8, 323–353 (1939) (zitiert nach Schaller 1950).
Handschin, E., Die Tierwelt Deutschlands. 16. Teil, 1929.
Krüger, W., Einfluß der Bodenbearbeitung auf die Tierwelt der Felder. Z. Acker und Pflanzenbau 95, 261–302 (1952).
Land, G., Die Abhängigkeit der bodenbewohnenden Collembolen von Düngung und anderen Standortfaktoren unter Dikopshöfer Verhältnissen. Diss. Bonn 1954.
Land, G., Untersuchungen über die Besiedlung von Klärschlamm mit Collembolen im Boden bei verschiedener Behandlung. 1956 (unveröffentlicht).
Mrohs, E., Die Tierbesiedlung des Kompostes bei Zusatz verschiedener anorganischer Handelsdünger im Flachkompostverfahren nach P. Augustin Hessing. Diss. Bonn 1956.
Schaller, F., Die Collembolen in der Ökologie. Naturw. 36, 296–299 (1949).
Schaller, F., Zur Ökologie der Collembolen in Kalksteinböden (nebst einigen Bemerkungen über Proturen). Zool. Jb. (Syst.) 78, 263–293 (1950).
Schaller, F., Biologische Beobachtungen an humusbildenden Bodentieren insbesondere an Collembolen. Zool. Jb. (Syst.) 78, 507–525 (1950).
Schaller, F., Zur Ökologie der Collembolen des Mainzer Sandes. Zool. Jb. (Syst.) 79, 449–513 (1951).
Schimitschek, E., Einfluß der Umwelt auf die Wohndichte der Milben und Collembolen im Boden. Z. angew. Entom. 24, 216–247 (1937).
Strenzke, K., Untersuchungen über die Tierwelt feuchter Böden. Forschung u. Fortschritt 1947, S. 118.
Strenzke, K., Ökologische Studien über die Collembolengesellschaft feuchter Böden Ost-Holsteins. Arch. f. Hydrobiol. 42, 200–302, 1949.
Tischler, W., Biozönotische Untersuchungen an Ruderalstellen. Zool. Jb. (Syst.) 81, 123–174 (1952/53).
Tischler, W., Synökologie der Landtiere. Stuttgart 1955.

Pflanzenschutzamt der Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe in Münster (Westf.)

Der gegenwärtige Stand der Bekämpfung von Baumwollschädlingen in Ägypten[1]

Von H. Heddergott

Im Rahmen eines Auftrages der Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) hatte ich im Jahre 1956 Gelegenheit, in Ägypten am Landwirtschaftsministerium in Kairo bei der dort durchgeführten Prüfung von Pflanzenschutzmitteln mitzuarbeiten. Das Schwergewicht der Tätigkeit der zuständigen Wissenschaftler in den Laboratorien des Ministeriums liegt bei Untersuchungen über die biologische Wirksamkeit sowie die physikalischen und chemischen Eigenschaften neuer Präparate. Für Ägypten haben ferner toxikologische Probleme, wie beispielsweise die Untersuchung von Rückständen auf den mit Pflanzenschutzmitteln behandelten Kulturen, besondere Bedeutung. Daher wurden auf Wunsch der zuständigen ägyptischen Dienststellen Vorbereitungen für die Anwendung biologischer Nachweismethoden (Bioassays) getroffen. Die für die vorgesehenen Untersuchungen zusammengestellte Arbeitsgruppe nahm ihre Tätigkeit unter intensiver Förderung der im Landwirtschaftsministerium führenden Entomologen Dr. Ibrahim Bishara und Dr. Abdel Aziz Ghabn im April 1956 in Kairo auf. Leiter des Bioassay-Teams war Dr. Moneim Maher Ali.

Naturgemäß erfordert jede labormäßige Prüfung von Pflanzenschutzmitteln eine Bestätigung und Ergänzung durch Freilandversuche. Diese wurden aus Zweckmäßigkeitsgründen in der wichtigsten Kultur des Landes durchgeführt, und zwar auf den Baumwollfeldern des Nildeltas unter Leitung des Entomologen Abdel Aziz Kamel, der schon seit Jahren in mehreren Ländern des vorderen Orients auf dem Fachgebiet der Prüfung von Pflanzenschutzmitteln und Geräten gearbeitet hat. Durch sein Entgegenkommen war es möglich, weiträumige Freilandversuche auf dem Staatlichen Versuchsgut Sakha regelmäßig zu beobachten und auszuwerten, wofür ihm besonders gedankt sei.

A. Die wichtigsten Baumwollschädlinge Ägyptens

Ägypten ist ein klassisches Land der Baumwollkultur. Der Anbau wird neuerdings zugunsten desjenigen von Getreide und anderen Nahrungsmitteln eingeschränkt, doch hat die Baumwolle als wichtigstes Exportgut immer noch entscheidende Bedeutung für die Wirtschaft des Landes. Daher gilt der Schädlingsbekämpfung in dieser Kultur die Hauptsorge der ägyptischen Regierung. Es kommen zahlreiche (Milben- und) Insektenarten in den Baum-

[1] Diese Arbeit wurde vom Verfasser Herrn Prof. Zwölfer zum 60. Geburtstag gewidmet. Sie konnte jedoch aus Gründen notwendiger Raumbegrenzung nicht mehr in Heft 2/3 des 41. Bandes untergebracht werden.

wollfeldern des Niltales vor. Einige sind ausgesprochene Großschädlinge. Es ist zweckmäßig, sie in der jahreszeitlichen Reihenfolge ihres Auftretens zu besprechen.

1. Agrotis ypsilon Rott. *(Lep., Noctuidae)*

Im April und Mai, wenn die Baumwollpflanzen auflaufen, verursachen die Raupen dieser fast über die ganze Erde verbreiteten, extrem polyphagen und daher an zahlreichen Kulturpflanzen schädlichen Art oft empfindliche Ausfälle, vor allem bei Anbau nach Mais und Klee oder nach Brache. Zuweilen werden nur einzelne Blätter, meist aber, was sich besonders schlimm auswirkt, die Stengel dicht an der Erdoberfläche abgefressen. Totalschaden ist nicht selten, so daß Neubestellung erforderlich wird. Die Anlockung der eierlegenden Weibchen durch lockere, feuchte Bodenoberfläche mit spärlichem Pflanzenbewuchs scheint für den Befall eine besondere Rolle zu spielen, da sie die Konzentration der durch Wanderneigung ausgezeichneten, weitfliegenden Falter auf Baumwollfeldern in Gebieten mit periodischer Überflutung oder Bewässerung fördert. Je Weibchen werden über 1000 Eier in Bodenvertiefungen abgelegt. Die Raupen schlüpfen nach wenigen Tagen. Sie leben zunächst frei an den Pflanzen. Später verkriechen sie sich am Tage unter Erdschollen sowie in Bodenrissen und fressen nur während der Nacht. Bereits nach etwa 3 Wochen sind sie erwachsen und dann 4–5 cm lang. Die Verpuppung erfolgt in einer kleinen Erdhöhle im Boden. Puppenruhe je nach Temperatur unterschiedlich, meist einige Wochen. Überwinterung ist als Puppe oder Falter möglich. *A. ypsilon* Rott. hat in Ägypten mehrere Generationen. Im Herbst werden Mais, Weizen, Gerste, Klee, Bohnen und andere Winterkulturen oft stark befallen.

2. Thrips tabaci Lind. *(Thysanoptera, Thripidae)*

Th. tabaci Lind. ist in Ägypten weit verbreitet. Die polyphage Art verursacht an Zwiebeln, Leguminosen und anderen Kulturen gebietsweise stärkere Schäden. Die Besiedelung der Baumwolle beginnt oft schon, bevor sich die ersten Laubblätter entfalten. Die zuwandernden Blasenfüße legen ihre Eier in kleinen Eitaschen an den Keimblättern und jungen Laubblättern ab. Sowohl das Saugen der nach einigen Tagen schlüpfenden Larven als auch der Imagines schädigt die Pflanzen in der entscheidenden Jugendwachstumsperiode bis zum Vierblattstadium und kann ihre Entwicklung empfindlich verzögern. Schadsymptome sind die zunächst weißen, silbrig glänzenden, später braun werdenden Saugstellen an den Kotyledonen sowie an der Unterseite der jungen Blätter. Bei starkem Befall rollen sich diese, werden braun oder fallen ab. Auch Verkrüppelungen der Triebspitzen kommen als Folge von Frühbefall vor. Das Ausmaß des Schadens wird vor allem bei vergleichenden Versuchen deutlich, wenn unbehandelte Parzellen mit solchen, auf denen die Ausschaltung des Thripsbefalls gelungen ist, verglichen werden. Für bereits in der Entwicklung weiter fortgeschrittene Pflanzen hat der Befall nur geringe Bedeutung.

3. Earias insulana Boisd. *(Lep., Noctuidae)*

E. insulana Boisd. ist vor allem im Norden des Nildeltas verbreitet, während sie im Süden gegenüber den übrigen Baumwollschädlingen jahrweise mehr

oder weniger zurücktritt. Die Art ist durch charakteristischen Saisondimorphismus ausgezeichnet. Im Frühling und Sommer schlüpfende Falter sind grün. Bereits zeitig im Jahre werden je Weibchen 60–80 gelblichgrüne Eier an Triebspitzen, Knospen und Blätter der Baumwollpflanzen abgelegt. Die nach wenigen Tagen ausschlüpfenden Raupen fressen entweder frei an Knospen und Blättern oder bohren sich, besonders gern in der Nähe einer Knospe oder eines Blattansatzes, in die Triebspitzen ein und bringen diese zum Absterben. Die befallenen, schwarzbraunen Spitzentriebe sind in den frisch grünen Beständen deutlich erkennbar. Die Raupen der zweiten Generation leben auch in den Blüten, die der späteren in den Kapseln, oft gleichzeitig mit denen von *Pectinophora gossypiella* Saund., von welchen sie sich durch ihre Borsten („spiny bollworm") und die grünlichbraune Färbung deutlich unterscheiden. Die kahnförmigen Puppenkokons werden zwischen Blättern oder Blüten befestigt. Die Puppenruhe beträgt 1–2 Wochen. Die Herbstfalter sind bräunlichgrün.

Alle Stadien von *E. insulana* Boisd. sind das ganze Jahr hindurch in wechselnder Anzahl zu finden. Der Frühjahrsbefall hat wirtschaftlich meist keine Bedeutung. Der resultierende Besatz der Triebspitzen und später der Blüten mit Raupen bietet aber die Möglichkeit, auf die Stärke des Befalls im weiteren Verlauf der Vegetationsperiode zu schließen. Erst im Sommer erscheinen gewöhnlich größere Faltermengen in den Baumwollfeldern. Stärkerer Befall der Kapseln setzt nach den Untersuchungen von Bishara gewöhnlich erst ab Juli ein, 1956 sogar erst Ende August–Anfang September.

4. *Prodenia litura* F. *(Lep., Noctuidae)*

P. litura F. ist vom Mittelmeergebiet bis weit nach Afrika und Asien hinein einer der wichtigsten, extrem polyphagen Schädlinge an Kulturpflanzen. In Ägypten frißt die Raupe der in 6 bis 7 Generationen fliegenden Art im Winter besonders an Mais, Zuckerrohr, Gemüse und Alexandriner Klee. Der Befall von Klee hat für den Massenwechsel entscheidende Bedeutung. Da ab 10. Mai für die Berieselung von Kleeflächen kein Nilwasser mehr zur Verfügung gestellt wird, erfolgt mit deren Vertrocknen oder Umbruch regelmäßig eine starke Abwanderung von *P. litura* F. in die Baumwollfelder. In großen Massen werden die etwa 300 Eier enthaltenden, mit filziger Afterwolle bedeckten Gelege an die Blätter abgesetzt. Die hellgrünen Jungraupen schlüpfen nach 2–4 Tagen. Sie bleiben zunächst einige Tage dicht beieinander und skelettieren durch gemeinsamen Schabefraß die Blätter. Später zerstreuen sie sich, durchlöchern die Belaubung oder fressen total, auch an Blüten. Gelegentlich bohren sie in typischer Weise tiefe Löcher in Triebe oder Kapseln. Die Verpuppung erfolgt an höher gelegenen Stellen der Baumwollfelder in der Erde. Die Puppenruhe dauert in Ägypten im Sommer nur wenige Tage.

P. litura F. tritt jahrweise in ungeheuren Massen auf. 20000 bis 30000 Eigelege je ha sind keine Seltenheit. Wird keine chemische Bekämpfung durchgeführt, so erfolgt großflächig Kahlfraß, zumal sich 3–4 Generationen an Baumwolle entwickeln können, wozu noch 2–3 an Herbst- und Winterkulturen kommen. Die Anzahl der Generationen ist aber sehr abhängig von den Witterungsbedingungen und schwankt daher erheblich.

5. Pectinophora gossypiella Saund. *(Lep., Gelechiidae)*

Der weltweit verbreitete „pink bollworm" gilt in Ägypten bereits seit Jahrzehnten als wichtiger Baumwollschädling. Die Verseuchung der Felder in den einzelnen Regionen ist aber sehr unterschiedlich. Die sich im Frühjahr aus den überwinternden Diapausestadien entwickelnden Falter legen ihre Eier, je Weibchen etwa 200, einzeln oder in kleinen Gruppen an die Squares und Blüten, in denen regelmäßig die erst weißlichen, später fleischroten Raupen zu finden sind. Befallene Blüten werden in charakteristischer Weise rosettenartig versponnen. Die Raupen der späteren Generationen befallen die Kapseln, deren Samen und Wolle sie in einem oder mehreren Fächern zerfressen und mit Kot verschmutzen. Die erwachsenen Raupen verlassen meist die Kapsel, um sich außerhalb derselben zu verpuppen. Im Sommer kann eine Generation in 4–5 Wochen ihre Entwicklung abschließen, wovon etwa 3 Wochen auf die Raupenzeit fallen. Der Befall der Kapseln steigt von Ende Juli bis September von etwa 30% auf 70–80%, Ende Oktober sind meist 100% der Kapseln befallen. Die Herbstraupen verspinnen sich in leergefressenen Samen oder im Stroh der Baumwolle und überwintern als Diapausestadien, zuweilen sogar zweimal. Auch wildwachsende oder angepflanzte andere Malvaceen sind regelmäßig stark befallen. So ist es ein Leichtes, im Nildelta aus den Blüten und Kapseln der in Gärten häufig angepflanzten Stockrosen (*Althaea*) größere Mengen Raupen von *P. gossypiella* Saund. zu sammeln.

6. Metatetranychus bimaculatus Harv. *(Acarina, Tetranychidae)*

Wie in den meisten Baumwollgebieten wird auch in Ägypten der Massenwechsel der Spinnmilben und ihrer biotischen Begrenzungsfaktoren von der Art der angebauten Kulturen, den Ernteterminen und den chemischen Bekämpfungsmaßnahmen stark beeinflußt. Der Befall der Baumwolle beginnt zwar schon im April, erreicht aber gewöhnlich erst im Juli und August seine maximale Stärke. Typisches Befallszeichen ist die erst blasse oder gelbliche, später rote Verfärbung der Blätter in der Nähe des Stielansatzes oder zwischen den Adern. Bei weiterer Vermehrung werden die ganzen Blätter gelbrot und fallen in Massen ab, was zuerst den unteren Teilen der Baumwollstauden ein unnatürliches, kahles Aussehen verleiht. Die Eiablage sowie die Saugtätigkeit von Larven, Nymphen und Vollmilben erfolgt vor allem auf der Blattunterseite. Die Generationsdauer ist abhängig von der vorherrschenden Temperatur, im Extremfall dauert sie nur eine Woche. Im Mai und Juni ist die Populationsdichte am niedrigsten, wahrscheinlich wegen der geringen Luftfeuchtigkeit, vielleicht aber auch unter dem Einfluß der um diese Zeit zuwandernden Prädatoren. Später nimmt der Befall dann oft sehr schnell zu, vor allem nach Anwendung mancher Kohlenwasserstoffe bei der Bekämpfung von *P. litura* F.

7. Aphis gossypii Glov. *(Homoptera, Aphididae)*

Die typischen Zeichen für den Befall durch die Baumwollblattlaus wie Blattkräuselungen, Triebstauchungen, Honigtau und Rußtau sind gewöhnlich nur herdweise an den Randpflanzen der Baumwollfelder oder entlang der Wasserkanäle zu sehen. Hier findet man die sehr unterschiedlich gefärbten, heller gelbgrünen oder dunkleren Blattläuse vor allem an den Triebspitzen. Die Besiedelung erfolgt von anderen Kulturen aus und ist daher je nach dem Be-

stellungsplan der Umgebung der Baumwollfelder unterschiedlich. Wenn dieser Schädling auch in Ägypten meist nur untergeordnete wirtschaftliche Bedeutung hat, so steigt die Populationsdichte in den feuchteren Gebieten des nördlichen Nildeltas sowie in Südägypten doch jahrweise recht erheblich an, was man wie bei Spinnmilben teilweise auf die Anwendung mancher Kontaktinsektizide zurückführt.

B. Organisation und Durchführung der Bekämpfung

Die Organisation der Bekämpfungsmaßnahmen gegen Baumwollschädlinge wird in Ägypten von der Entomologischen Abteilung des Landwirtschaftsministeriums in Kairo gesteuert und ist straff zentralisiert. Die wissenschaftlichen Grundlagen für die praktischen Maßnahmen werden zwar vor allem an den bedeutenden Universitäten des Landes (Kairo, Alexandria) erarbeitet, doch bestehen auch im Landwirtschaftsministerium sowie in einzelnen Distriktinstituten gesonderte Abteilungen, die sich vorwiegend mit Forschungsprojekten befassen. Bei der Lösung der zahlreichen in der Praxis auftauchenden Probleme schalten sich die Landwirtschaftliche Gesellschaft und neuerdings die Agrarreform-Organisation weitgehend ein.

Die von Beauftragten des Landwirtschaftsministeriums im ganzen Lande auf mehreren hundert Versuchsfeldern periodisch, und zwar während der Flugzeit wöchentlich durchgeführten Erhebungen zur Feststellung der Besatzdichte mit Eigelegen von *P. litura* F. ermöglichen zuverlässige Voraussagen über die im Laufe der Vegetationsperiode zu erwartende Befallsstärke. Im Gegensatz zu den großen Staats- und Privatgütern, auf denen Fachleute die Entwicklung der Baumwollschädlinge verfolgen und rechtzeitig entsprechende Bekämpfungsaktionen einleiten, werden diese auf Kleinflächen trotz amtlicher Aufforderung und Warnung nicht immer regelmäßig durchgeführt. Schon gefühlsmäßig sträuben sich viele Bauern, chemische Maßnahmen einzuleiten, bevor direkte Schäden zu erkennen sind. Mangel an geeigneten Geräten, Mißerfolge bei unsachgemäßer Ausbringung der Mittel, unangenehme Erfahrungen mit giftigen Präparaten und der im Lande allgemein verbreitete Fatalismus führen oft dazu, daß chemische Bekämpfungsmaßnahmen zu spät einsetzen. So kommt es gelegentlich trotz aller amtlichen Bemühungen zu größeren Schäden.

I. Kulturmaßnahmen

Man ist sich in Ägypten der Bedeutung von Kulturmaßnahmen für die Verminderung des Schädlingsbefalls und für die Unterbrechung der Generationenfolgen zwecks Vermeidung des Entstehens von Resistenz durchaus bewußt. Trotzdem hat sich die zur Eindämmung des *P. gossypiella*-Befalls besonders wirksame Vernichtung der Pflanzenreste nach der Ernte durch mechanische Maßnahmen, Verbrennen oder tiefes Unterpflügen in Ägypten nicht eingeführt. Einerseits verfügt man nicht über die dazu notwendigen Geräte, andererseits ist der Bauer in dem holzarmen Lande auf das Baumwollstroh als Brennmaterial angewiesen. Es wird daher überall auf den Dächern der Fellachenhäuser oft bis weit in das Frühjahr hinein gestapelt. So entgehen die meisten überwinternden Diapauseraupen von *P. gossypiella*

Saund. der Vernichtung. Alle Bestrebungen zur Abtötung der in Ernterückständen vorhandenen Entwicklungsstadien von Schädlingen müssen deshalb darauf hinzielen, durch Hämmern, Pressen oder andere Maßnahmen die Baumwollrückstände so zu bearbeiten, daß die Vernichtung der Diapausestadien unter gleichzeitiger Erhaltung des Nutzeffektes des Baumwollstrohs gewährleistet ist. Von den Methoden der künstlichen Erzwingung einer frühen Ernte (enge Reihenabstände, mäßige Bewässerung, wenig Dünger) zur Vermeidung des besonders starken Spätbefalls der Kapseln durch *P. gossypiella*-Raupen ist man abgekommen, da bei großen Reihenabständen, reichlicher Wasserversorgung und guter Düngung doch erhebliche Mehrerträge anfallen, wenn gleichzeitig chemische Bekämpfungsmaßnahmen durchgeführt werden. – Die in den Ginning-Fabriken bei der technischen Verarbeitung der Baumwolle und der Saatgutgewinnung üblichen vorbeugenden Entseuchungsmaßnahmen zur Vermeidung der Verschleppung von *P. gossypiella*-Diapausestadien werden regelmäßig durchgeführt, vor allem die Erhitzung auf 55–58° C durch Heißluft oder Dampf in Spezialanlagen.

Die Anwendung von Defoliants oder wasserentziehenden Substanzen zur Erzielung einer früheren Ernte ist in Ägypten nicht üblich. Es besteht bei den Anbauern auch wenig Neigung, sie einzuführen. Zeitige Saat sowie Auswahl früher, schnell und geschlossen reifender Sorten wird aber allgemein angestrebt. Erfahrungsgemäß wirken alle wuchsbeschleunigenden Maßnahmen zur schnellen Überwindung des Vierblattstadiums bei Baumwolle auch gegen *Thrips*-Schäden. Mehrfaches Umpflügen von Brachflächen, Mais- und Kleefeldern vor dem Anbau von Baumwolle soll die Raupen von *A. ypsilon* Rott. vernichten.

II. Fruchtfolge und Massenwechsel der Schädlinge

Die Zusammensetzung und Anbaufolge der einzelnen Nutzpflanzenkulturen haben eine besondere Bedeutung für die Entwicklung der Baumwollinsekten. Sie stehen in enger Beziehung zu den Problemen der Bewässerung. Neuere ökologische Untersuchungen über den Massenwechsel der Prädatoren von Baumwollschädlingen in Ägypten (Wiesmann, 1955) lassen den Schluß zu, daß die Populationsdichte der wichtigsten Nützlinge von der Möglichkeit einer ökologisch termingerechten Migration zwischen Winter- und Sommerkulturen bestimmt wird. Dabei spielen Gemüse, Zuckerrohr, Mais und Alexandrinerklee eine wichtige Rolle. So hat, wie bereits erwähnt, die Sperrung des Wassers für die Berieselung der Kleefelder nach dem 10. Mai deren Vertrocknen oder Umbruch zur Folge. Das bedingt eine Zwangsmigration der reichen Arthropodenfauna der Kleefelder in die Baumwollkulturen. Ökologisch betrachtet, erfolgt diese Migration für manche Schädlingsarten gerade rechtzeitig, denn zu dieser Zeit sind die Baumwollpflanzen bereits so weit herangewachsen, daß sie für polyvoltine Arten wie *Prodenia litura* F. optimale Entwicklungsbedingungen bieten und eine Massenvermehrung begünstigen. Für die nützlichen Prädatoren jedoch erfolgt sie zu vorzeitig, denn in den Baumwollfeldern ist noch kein ausreichender Bestand an Beutetieren vorhanden. Sie kommen daher nicht zur Vermehrung, gehen zugrunde oder wandern ab. Jedenfalls fallen sie als biotische Begrenzungsfaktoren für einige Schädlingsarten aus. Das gilt besonders für die Hauptfeinde der Spinnmilben und Blattläuse. Ihre erzwungene Migration aus den Kleebeständen in

die Baumwollfelder erfolgt gerade dann, wenn hier nur sehr wenig Spinnmilben und Blattläuse vorhanden sind. Sobald aber die Prädatoren wegen Mangel an Beute wieder abgewandert (Mais), ausgestorben oder durch radikal wirkende, zur *Prodenia*-Bekämpfung eingesetzte Kontaktinsektizide vernichtet sind, kann die Populationsdichte der Spinnmilben und Blattläuse um so schneller zunehmen.

Durch Ermittlung der wichtigsten Migrationsperioden und Abstimmung von Fruchtfolge, Kulturmaßnahmen und Insektizideinsatz auf ökologisch günstige Termine dürften allzu starke Erschütterungen der betroffenen Lebensgemeinschaft in Zukunft vermeidbar sein. Es ist sicher, daß man durch größere Rücksichtnahme auf die ökologischen Zusammenhänge eine fruchtbare Synthese zwischen der Auswirkung biotischer Begrenzungsfaktoren und chemischer Bekämpfung der Baumwollschädlinge finden wird.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß als Ergebnis neuerdings durchgeführter ökologischer Forschungen aus erstmalig in Kultur genommenen Wüstengebieten interessante Ergebnisse über die Art und Schnelligkeit der Eroberung bisher „freier" Lebensräume durch Schädlinge zu erwarten sind. Die in isolierten Oasen eingeleitete systematische Beobachtung der allmählichen Besiedlung läßt vor allem bei Schädlingsarten mit Wanderneigung (*P. litura* F., *A. ypsilon* L.) wichtige Rückschlüsse von allgemeiner Bedeutung zu.

III. Biologische Bekämpfung

Der direkte Einsatz von Prädatoren oder Parasiten gegen Baumwollschädlinge hat bisher in Ägypten nur untergeordnete Bedeutung. Forschungsmäßig befassen sich das Laboratorium für Biologische Schädlingsbekämpfung in Kairo und die Universitäten intensiv mit diesem Problem. Die Parasitierung der *P. litura*-Raupen war 1956 wie auch in früheren Jahren sehr gering. Betreffs der vielleicht lohnenden Nutzbarmachung von Mikroorganismen (Bakterien, Sporozoen) und Viren gegen *P. litura* F. wurden entsprechende Untersuchungen angeregt. In absehbarer Zeit sind aber praktisch verwertbare Ergebnisse nicht zu erwarten. Das gleiche gilt für neuere Verfahren, die fliegenden Imagines mit Hilfe von Sexualduftstoffen anzulocken und zu vernichten oder durch Einsatz von Gamma-Strahlen noch vor der Fortpflanzung steril zu machen. Wesentlich wichtiger als direkte biologische Bekämpfungsmaßnahmen ist die mehrfach betonte Notwendigkeit, auf die ökologischen Gegebenheiten mehr Rücksicht zu nehmen als bisher.

IV. Absammeln von Eigelegen und Raupen

Wegen der niedrigen Arbeitslöhne muß das in Ägypten allgemein übliche periodische Absammeln von Schädlingen durchaus als rentable Bekämpfungsmaßnahme gelten, vor allem beim Einsatz von Kindern. Für ein geringes Entgelt ziehen Gruppen von Kindern unter Führung einer älteren Person durch die Baumwollfelder und suchen im Bedarfsfall bereits zu Beginn des Austriebes die am Boden versteckten Erdraupen (*A. ypsilon* Rott.), später aber vor allem die Eigelege von *P. litura* F. und die noch gesellig fressenden Jungraupen ab. Bei ausreichender Überwachung wird recht sorgfältig ge-

arbeitet. Man kann daher, vor allem soweit die 1. und 2. an Baumwolle fressenden Generationen von *P. litura* F. in Betracht kommen, durch Absammeln der Eigelege beachtliche Bekämpfungserfolge erzielen. Sehr wahrscheinlich zeigt sich dabei auch der relativ starke Einfluß der in solchen Feldern geschonten Prädatoren, auf deren Bedeutung bereits eingegangen wurde. Die von den Kindern übersehenen Eigelege und Jungraupenspiegel werden nämlich zum größten Teil von *Coccinella 11-punctata* L. und *Triphleps laevigata* Fieb. vernichtet, denen es im Mai Juni an anderer Beute mangelt. Sonst leben diese vor allem von Blattläusen (*C. 11-punctata* L.) oder Spinnmilben (*T. laevigata* Fieb.). Daher haben sie für den Massenwechsel von *P. litura* F., allgemein gesehen, keine größere Bedeutung, während bei Spinnmilben und Blattläusen das Gegenteil der Fall ist. *P. gossypiella* Saund. und *E. insulana* Boisd. werden bei diesen Bekämpfungsmaßnahmen nicht erfaßt, wenn man von der gelegentlichen Ausmerzung einiger vom „spiny bollworm" befallenen Triebspitzen absieht.

V. Chemische Bekämpfung

Von den genannten Baumwollinsekten hat *P. litura* F. eine so überragende wirtschaftliche Bedeutung, daß die Raupen dieser Art als „cotton-leafworm" schlechthin zum Begriff des ertragsentscheidenden Schädlings geworden sind. Ein „cotton-leafworm-Jahr" (1949 in Unterägypten, 1951 in Oberägypten) bedeutete früher Kahlfraß auf vielen Feldern und erfordert auch heute noch größte Anstrengungen bei der Bekämpfung. Die Schwierigkeiten liegen wegen des niedrigen Bildungsstandards der ägyptischen Fellachen vor allem auf organisatorischem Gebiet. Rechtzeitige Einzelaktionen der Bauern sind nur dort gesichert, wo die staatliche Beratung ihren Einfluß schon länger geltend macht oder größere Betriebe mit ausreichender Erfahrung in der Nähe der betreffenden Felder liegen. Charakteristisch für ägyptische Verhältnisse sind die hohen Aufwandmengen bei Verwendung von Insektiziden. So wird Toxaphen mit 4–5 kg Wirkstoff je ha gegen *P. litura* F. in Mengen ausgebracht, die über die in Deutschland zur Nagetierbekämpfung wirksamen Dosen hinausgehen. Man will damit einmal die Dauerwirkung sichern, andererseits bei, absolut gesehen, schwächeren Mitteln einen durchschlagenden Erfolg garantieren.

Soweit sich in Ägypten ein periodisch durchgeführter Plan für die Schädlingsbekämpfung in den Baumwollfeldern eingespielt hat, ist er vor allem auf die Niederhaltung von *P. litura* F. abgestellt und erfolgt nach folgendem Schema: Zunächst wird versucht, durch Absammeln der ersten Eigelege den Schadfraß zu verhindern, was bei der ersten und zweiten an Baumwolle auftretenden Raupen-Generation meist auch gelingt. Falls dann aber nicht außergewöhnliche Witterungsumstände zu einer hohen Mortalität der Raupen führen, wird die Stäubung oder Spritzung der Baumwollfelder notwendig, sobald die Anzahl der Eigelege die kritische Grenze überschreitet. Das ist meist Mitte Juni bis Anfang Juli der Fall. Sind größere Mengen von Raupen geschlüpft und beginnen die ältesten bereits, sich aus den Fraßgemeinschaften zu lösen und über die ganze Pflanze zu verteilen, erfolgt die erste Behandlung. Je nach Dauerwirkung der verwendeten Präparate wird vor dem ersten Pflücken in Abständen von 10–15 Tagen eine 2–3malige

Wiederholung der Spritzung oder Stäubung durchgeführt, wozu zuweilen noch eine weitere nach dem ersten Pflücken kommt.

Sobald, meist Ende Juli/Anfang August, der *Prodenia*-Befall abklingt, läßt die Sorgfalt in der Durchführung der Bekämpfungsmaßnahmen allgemein nach. Nur auf wenigen Feldern führt man die zur Niederhaltung von *P. gossypiella* Saund. und *E. insulana* Boisd. notwendigen Behandlungen folgerichtig durch, obwohl gerade der Spätbefall besonders stark ist. 1956 machte sich der Besatz von Kapseln durch *P. gossypiella* Saund. erst ab August stärker bemerkbar. Die Raupen von *E. insulana* Boisd. zeigten sich sogar noch später, von Anfang September an, in größerer Anzahl in den Kapseln. Zu diesem Zeitpunkt sind allerdings die meisten Kapseln schon weitgehend reif, so daß von dem starken Spätbefall im wesentlichen die in der Spitzenregion der Stauden befindlichen Kapseln in Mitleidenschaft gezogen werden. Die Anwendung von Insektiziden ist aber zwischen dem ersten (1956 Mitte September) und dem zweiten Pflücken (1956 Ende September–Anfang Oktober) oft durchaus noch lohnend.

Eine gesonderte Bekämpfung der Spinnmilben und Blattläuse ist im periodischen Behandlungsplan für Baumwolle meist nicht vorgesehen. Im Notfall wird eines der später besprochenen Präparate mit akarizider Wirkung eingesetzt. Den zuweilen durch späten Spinnmilbenbefall verursachten Blattfall kurz vor der Ernte scheint man nicht allzu tragisch zu nehmen, da er die erwünschte Frühreife der Kapseln fördert. Einseitig auf Spinnmilben oder Blattläuse ausgerichtete Sondermaßnahmen sind auch nur in Einzelfällen notwendig, da man sich in Ägypten erfolgreich bemüht, durch zweckentsprechende Auswahl der Mittel zur *Prodenia*-Bekämpfung einer Massenentwicklung von *M. bimaculatus* Harv. vorzubeugen. Gegen die übrigen im Vergleich zu *P. litura* F. weniger wichtigen und nicht regelmäßig auftretenden Baumwollschädlinge wird nur im Bedarfsfall vorgegangen. Die Raupen von *A. ypsilon* Rott. vernichtet man durch Absammeln, seltener durch Ausstreuen feuchter Kleie-Melasseköder mit Zusatz von Schweinfurter Grün, Parathion, Dieldrin oder anderen Insektiziden. *Thrips tabaci* Lind. wird durch Stäuben oder Spritzen mit einem der später genannten Kontaktgifte bekämpft. Die gelegentlich auch in den Baumwollfeldern stärker schädlichen Heuschreckenarten *Euprepocnemis plorans* Charp. und *Schistocerca gregaria* Forsk. werden im allgemeinen bei den gegen *P. litura* F. durchgeführten Maßnahmen mit erfaßt.

Geräte

Der vorhandene Gerätepark reicht zur termingerechten Behandlung aller Flächen noch nicht ganz aus, doch ist die ägyptische Regierung sehr bemüht, durch laufende Importe möglichst schnell die technischen Voraussetzungen für den Schutz der wichtigsten Kulturen vor Schädlingsbefall zu schaffen. Die eingeführten Geräte werden über das ganze Land verteilt. Sie sind meist auf besonderen Sammelstellen (Staatsgüter, Genossenschaften oder größere Betriebe) stationiert und bleiben Staatseigentum. Den Bauern stehen sie gegen eine geringe Leihgebühr zur Verfügung. Die größeren Privatbetriebe haben aber auch vielfach eigene Geräte.

In Anpassung an den vorherrschenden Kleinparzellenanbau und die durch die Bewässerung bedingten besonderen Verhältnisse, welche die von Gräben durchschnittenen Felder für Großgeräte unpassierbar machen, bevorzugt man im Baumwollanbau bisher rückentragbare

Spritzgeräte. Diese entsprechen ohnehin dem Ausbildungsstand der Bauern und sind trotz geringer Flächenleistung wegen der billigen Arbeitskräfte wirtschaftlich einsetzbar. In geschickter Weise machen Gerätespezialisten die eingeführten Typen durch Ergänzungen für den Einsatz in bestimmten Kulturen geeignet und erweitern durch Ausstattung mit besonderen Düsengarnituren ihre Verwendbarkeit. Bei der Bekämpfung von Baumwollschädlingen wird wegen der Wasserersparnis neuerdings mit geringem Flüssigkeitsaufwand (200–250 l/ha) gearbeitet, obwohl gebietsweise auch noch viele Geräte im Einsatz sind, die nur größere Mengen Spritzbrühe (800–1000 l/ha) ausbringen können. Aus früheren Jahren, in denen Cotton-Dust verwendet wurde, sind noch zahlreiche Stäubegeräte vorhanden. Sprühgeräte gewinnen zur Zeit an Bedeutung.

Wie in anderen Baumwollgebieten mit ausgedehnter Kleinparzellierung und periodischer Bewässerung zeigt sich in Ägypten das Fehlen einfach zu bedienender, leichter Kleingeräte mit und ohne Motor, die mit Hilfe von Menschen- oder Tierkraft unter den verschiedensten Anbauverhältnissen möglichst vielseitig eingesetzt werden können. Von größeren Geräten interessieren vor allem solche, die auch auf frisch bewässertem Boden und selbst dann noch verwendbar sind, wenn der Bestand sich bereits geschlossen hat.

Chemische Mittel

Die Möglichkeiten der Eigenproduktion von Pflanzenschutzmitteln sind in Ägypten vorläufig auf die Herstellung von DDT, das allerdings im wesentlichen für den Hygienesektor vorgesehen ist, sowie auf die Produktion von Mineralöl, Nikotinsulfat und Pyrethrum beschränkt. Das Land ist daher für absehbare Zeit auf den Import von Pflanzenschutzmitteln angewiesen.

Einfuhr von im Ausland hergestellten Pflanzenschutzmitteln ist nur möglich, wenn der Agent oder Vertreter der Importfirma im Besitze einer Verkaufsbewilligung für Chemikalien ist. Diese wird von der chemischen Abteilung des Landwirtschaftsministeriums auf Antrag erteilt. Ferner muß das betreffende Unternehmen über entsprechende Lagerräume und eine kaufmännische Organisation verfügen. Die zum Import vorgesehenen Präparate sind der chemischen Abteilung des Ministeriums zu melden, worauf diese ihr Agreement erteilt. Eine Prüfung ist nicht erforderlich, wenn es sich um bekannte Wirkstoffe handelt. Die gültigen Normen für die einzelnen Aufbereitungen sind in einer Liste zusammengestellt. Für jedes Produkt wird ein jährliches Einfuhrkontingent festgelegt und vom Ministerium endgültig genehmigt. Das Handelsministerium hat als letzte Instanz die Einfuhr gutzuheißen und entscheidet auch über finanztechnische Fragen.

Neue Produkte, die noch nicht international eingeführt und deren Normen noch nicht veröffentlicht sind, müssen der Pflanzenschutzabteilung des Ministeriums vorgelegt werden, da nur auf deren Empfehlung eine Aufnahme in die oben erwähnte Liste der chemischen Abteilung möglich ist. Bei dieser „Anmeldung" sind möglichst viele Daten über das betreffende Produkt und seinen Wirkstoff sowie ausreichende Probemengen zur Verfügung zu stellen, damit eine amtliche Prüfung erfolgen kann, falls man sie für nötig hält. Die Hauptmenge der zur Baumwollschädlingsbekämpfung verwendeten Präparate wird vom Staat gekauft und den Anbauern zur Verfügung gestellt. Für die öffentliche Ausschreibung dieser Staatseinkäufe ist allein die Pflanzenschutzabteilung des Landwirtschaftsministeriums zuständig. Sie unterbreitet auch die entsprechenden Vorschläge betreffs Art und Menge der zu importierenden Produkte.

In Trockengebieten mit periodischer Bewässerung interessieren vor allem solche Präparate, die neben ausreichender Wirkungsbreite auch bei extrem hohen Temperaturen eine gute Residualtoxizität besitzen. Obwohl die Bekämpfung der Baumwollschädlinge in den meisten interessierten Ländern gut erforscht ist und zuverlässige Empfehlungen für den Einsatz von chemischen Mitteln und Geräten vorliegen, ist eine Verallgemeinerung für alle Anbauverhältnisse keineswegs möglich. Das gilt auch für Ägypten. Denn die Eignung chemischer Schädlingsbekämpfungsmittel für den Einsatz unter ägyptischen Verhältnissen ist in ganz besonderem Maße von den örtlichen Gegebenheiten abhängig. Grundsätzlich will man in Ägypten vermeiden, die stetige Weiterentwicklung der für das Land geeigneten Bekämpfungsverfahren durch voreilige Übernahme von neuesten Versuchserkenntnissen, die

oft nur eine relativ schmale Basis haben und lediglich für spezielle Verhältnisse gelten, zu gefährden. Stärker giftige Präparate haben selbst bei guter Wirkungsbreite vorläufig keine Aussicht, in größerem Maße angewendet zu werden. Denn keine verantwortliche Dienststelle wird das Risiko übernehmen, die Fellachen, die sehr oft mit nacktem Oberkörper und stets barfuß arbeiten und infolge ihres geringen Bildungsniveaus die drohende Gefahr nicht abschätzen können, einer Vergiftung auszusetzen. Das Tragen von Gummischutzkleidung und vor allem von Atemmasken bringt aber bei den hohen Temperaturen im Sommer (zeitweise über 40° C im Schatten) eine so starke Belastung für das Spritzpersonal mit sich, daß es meist rundweg abgelehnt wird. Den maßgebenden ägyptischen Entomologen gebührt Anerkennung für ihr erfolgreiches Bemühen, bei der Auswahl der Mittel stets den Schutz der Gesundheit der Bevölkerung als vordringlich betrachtet zu haben.

Sofern nicht besonders vermerkt, beziehen sich die folgenden Angaben auf Spritzmittelaufbereitungen, wobei die Aufwandmengen die reinen Wirkstoffe betreffen.

Fraßgifte

Kalkarsen und Kryolith haben in Ägypten für die Bekämpfung der Baumwollschädlinge keine Bedeutung mehr. Die noch im Lande lagernden Restmengen werden in absehbarer Zeit verbraucht sein. Auch Schweinfurter Grün wird nur noch gelegentlich als Zusatz zu Kleiemischködern bei Bekämpfung der Raupen von *A. ypsilon* Rott. benutzt. Man zieht neuerdings Berührungsgifte vor.

Kontaktgifte

Nur solche Präparate werden besprochen, die für Ägypten größere Bedeutung haben. Ausschließlich akarizid wirkende Mittel sind lediglich erwähnt, da die Niederhaltung der Spinnmilben im Gesamtplan der Bekämpfung von Baumwollschädlingen berücksichtigt werden muß und Sondermaßnahmen meist unrentabel sind. Das schließt natürlich nicht aus, daß zur Herdbekämpfung unter Umständen spezielle Akarizide angebracht erscheinen. So liegen gute Ergebnisse mit Aramite gegen *M. bimaculatus* Harv. vor, allerdings nur bei zweimaliger Anwendung. Insektizide Wirkung hat Aramite nicht. Metasystox und Ekatin dürften daher wegen ihrer breiteren Wirkung größere Aussichten zum Einsatz bei Sonderspritzungen haben.

a. Kohlenwasserstoffe

BHC wurde in Kombination mit DDT als Bestandteil des Cotton-Dust seit 1951 in Ägypten vor allem gegen *P. litura* F. großflächig angewendet (25 bis 35 kg/ha), teilweise auch in Form von Spritzmittelaufbereitungen, die in Ägypten formuliert wurden. Gegen Thrips und Blattläuse ist schon mit reinen BHC-Präparaten ein kurzfristiger Erfolg möglich. Raupen von *P. litura* F. und andere freifressende Schädlinge werden aber nur bei Zusatz von DDT (Gamma : DDT = 3 : 5, 2 : 10 oder 3 : 10) sicher abgetötet. DDT-reiche Mischungen werden dort bevorzugt, wo *P. gossypiella* Saund. besondere Bedeutung hat. Cotton-Dust, vor allem 3 : 10, wird etwa alle zwei Wochen nachts ausgebracht (25–35 kg/ha). Der Einfluß von BHC (und DDT, s. u.) auf die Biozönose der Baumwollfelder ist ungünstig. Das wird be-

sonders dadurch deutlich, daß der Anwendung von Stäubemitteln mit BHC- oder DDT-Anteil stets eine Massenvermehrung von Spinnmilben (und oft auch eine solche von Blattläusen) folgt. Daher enthalten die Cotton-Dust-Aufbereitungen neuerdings 40% Schwefel. Es ist erstaunlich, wie schnell sich vor allem bei früher Anwendung von schwefelfreiem Cotton-Dust unter dem heißen Klima bei der engen Generationenfolge eine Spinnmilbenpopulationsdichte entwickelt, die zu schwersten Schäden führt. – Gegen *A. ypsilon*-Raupen bleibt Cotton-Dust unbefriedigend.

DDT (2,5 bis 3,5 kg/ha) wirkt gut gegen *Thrips tabaci* Lind. sowie *P. litura* F. und ausreichend gegen *P. gossypiella* Saund. Es hat als Staub und Emulsion sowie als Bestandteil des Cotton-Dust weite Verbreitung in Ägypten gefunden. Die nach DDT-Anwendung besonders starke Zunahme von Spinnmilben und Blattläusen läßt jedoch das Mittel neuerdings bei der Bekämpfung von *P. litura* F. in den Hintergrund treten, zumal es gegen *E. insulana* Boisd. versagt. Die Kombination von DDT mit Dieldrin (2 : 1) in einer Aufwandmenge von etwa 1,75 kg/ha wirkte gegen *P. litura* F. besonders zuverlässig und auch gegen *P. gossypiella* Saund. sowie *E. insulana* Boisd. etwas besser als reines DDT. Bei der Kombination DDT-Endrin (3 : 1) fiel besonders die gegenüber reinem DDT wesentlich bessere Wirkung gegen *P. gossypiella* Saund. und vor allem *E. insulana* Boisd. auf.

Toxaphen wurde nach mehrjährigen Versuchen 1956 als 60%ige Emulsion zum erstenmal großräumig gegen *P. litura* F. eingesetzt, 1957 wurden bereits 4500 to des Mittels verbraucht. Toxaphen dürfte zur Zeit das am meisten angewandte Insektizid in Ägyptens Baumwollkulturen sein. Obwohl die absolute Wirkung gegen einzelne Baumwollschädlinge von einigen anderen Mitteln übertroffen wird, bietet das Präparat, insgesamt gesehen, im Hinblick auf die Schonung der Biozönose der Baumwollfelder und wegen seiner relativ geringen Giftigkeit für Warmblüter doch viele Vorzüge. Ausreichende insektizide Wirkung ist durch Erhöhung der Aufwandmenge auf 4–5 kg/ha sichergestellt. Schäden durch *P. litura* F. werden durch 3–4 im Abstand von 10–14 Tagen durchgeführte Spritzungen zuverlässig vermieden. Die Wirkung gegen *P. gossypiella* Saund. ist nicht ganz ausreichend, entspricht aber in etwa der des DDT, die gegen *E. insulana* Boisd. allerdings trotz der hohen Aufwandmenge nur unbefriedigend. *Thrips tabaci* Lind. und *A. ypsilon* Rott. lassen sich dagegen bei rechtzeitiger Anwendung niederhalten. Toxaphen tötet zwar Spinnmilben nicht ab, begünstigt sie aber auch nicht sichtbar. Jedenfalls wurde eine bedenkliche Zunahme von Spinnmilben (und Blattläusen) in Ägypten nach Anwendung von Toxaphen bisher nicht beobachtet. Fischvergiftungen in den Bewässerungsgräben durch verschüttete Spritzbrühreste sind recht häufig.

Aldrin hat sich bei Tastversuchen gegen *Thrips tabaci* Lind. (0,5 kg/ha) bewährt, enttäuschte aber gegen Schmetterlingsraupen einschließlich der Kapselschädlinge und konnte daher keine größere Bedeutung für periodische Behandlungen gewinnen, zumal es die Entwicklung der Spinnmilben und Blattläuse merklich begünstigt und relativ giftig ist. – Für Dieldrin gilt im wesentlichen das gleiche. Bereits 0,5–0,6 kg/ha wirken sicher gegen *Thrips tabaci* Lind. In der hohen Aufwandmenge von 0,8 bis 1,2 kg/ha brachte Dieldrin auch gegen *A. ypsilon* Rott. und vor allem gegen *P. litura* F. ausreichende Erfolge, fiel aber hinsichtlich der Bekämpfung beider Kapselraupenarten ab und löste auf einem Versuchsfeld eine solche Massenentwick-

lung von *M. bimaculatus* Harv. aus, daß bereits sehr früh starker Blattfall eintrat.

Endrin wurde 1956 versuchsweise (0,6 bis 0,75 kg/ha) angewendet. Die Wirkung gegen *Thrips tabaci* Lind. sowie Raupen von *A. ypsilon* Rott. und *P. litura* F. war gut, gegen *E. insulana* Boisd. etwas schwächer; gegen *P. gossypiella* Saund. war sie unbefriedigend. Die Spinnmilben-Populationsdichte nahm nach Endrin-Behandlung nicht so stark zu wie nach Dieldrin und DDT. Die Giftigkeit des Präparates erschwert jedoch die Anwendung.

Von den übrigen Kohlenwasserstoffen wurde Metoxychlor, das im Gemüsebau Ägyptens zur Bekämpfung von beißenden Insekten gelegentlich eingesetzt wird, wegen seiner geringen Giftigkeit auch in Baumwollkulturen geprüft. Es hat sich aber nicht weiter eingeführt, da die Wirkung, insgesamt gesehen, doch sehr schwach ist. Auch Heptachlor dürfte wegen seiner beschränkten Wirksamkeit gegen die wichtigsten freilebenden sowie die Kapselraupen keine größere Bedeutung gewinnen, zumal es Spinnmilben und Blattläuse begünstigt. Chlordan wurde als zusätzlicher Bestandteil von Cotton-Dust-Aufbereitungen gegen *Prodenia*-Raupen örtlich eingesetzt, ohne aber bisher stärker in Erscheinung zu treten.

b. Phosphorverbindungen

Parathion ist giftig und hat den Nachteil beschränkter Wirkungsdauer, die unter den extrem warmen Witterungsbedingungen Ägyptens im Sommer nur 2 bis 3 Tage beträgt. Selbst gegen *Thrips tabaci* Lind. und *Aphis gossypii* Glov. (0,2 bis 0,3 kg/ha) ist nur bei Wiederholung der Behandlung mit einem vollen Erfolg zu rechnen. Bei *M. bimaculatus* Harv. ist die Kontaktwirkung auf die beweglichen Stadien beschränkt und ebenfalls nur sehr kurzfristig. Auch häufige Wiederholung der Behandlung bringt nur mäßigen Erfolg. Gegen *P. gossypiella* Saund. und *E. insulana* Boisd. (Methyl-Parathion, 0,2 bis 0,3 kg/ha) ist nur bei Zusatz von mindestens 1,2 kg/ha DDT und mehrfacher Wiederholung ausreichende Wirkung zu erwarten. Berücksichtigt man ferner, daß diejenigen Baumwollschädlinge, deren Bedeutung in Amerika gebietsweise den Gebrauch von Methyl-Parathion vor allem bei sonst resistenten Populationen rechtfertigt (*Anthonomus grandis* Boh.), in Ägypten bisher nicht vorkommen, so ergibt sich, daß hier für Parathion-Einsatz in der Baumwollkultur keine Aussicht besteht.

Malathion wurde bisher in Ägypten zur Baumwollschädlingsbekämpfung kaum angewendet. Es dürfte nach amerikanischen Erfahrungen weder gegen *M. bimaculatus* Harv. noch gegen freilebende und Kapselraupen ausreichend wirken und daher trotz seiner geringeren Giftigkeit für den Einsatz in Ägypten nicht in Betracht kommen. – Chlorthion wurde örtlich gegen *Thrips tabaci* Lind. und *Aphis gossypii* Glov. geprüft und zeigte (0,3 kg/ha) befriedigende Sofortwirkung. Seine Dauerwirkung ist aber sehr gering.

Von den neueren Phosphorverbindungen interessiert Gusathion, das als emulgierbares Konzentrat geprüft wurde. Die Wirkung gegen Spinnmilben (0,6 bis 0,8 kg/ha), *Aphis gossypii* Glov. und *Thrips tabaci* Lind. (0,4 bis 0,6 kg/ha) war gut. Bei Raupen von *P. litura* F. (0,5 bis 0,8 kg/ha) erzielte das Präparat zwar eine beachtliche Abtötung, war aber gegenüber den als gut wirksam genannten Kohlenwasserstoffen deutlich schwächer. Gegen die beiden Kapselschädlinge *P. gossypiella* Saund. und *E. insulana* Boisd. (0,8 bis 1 kg/ha) war das Mittel bei Versuchen im Nildelta dagegen sehr gut

wirksam. Gusathion hat infolge seines niedrigen Dampfdruckes eine beachtliche Wirkungsdauer, die unter ägyptischen Verhältnissen im Sommer 8 bis 10 Tage beträgt. Gegenüber den Kohlenwasserstoffen wiegt neben der Abtötung von *P. gossypiella* Saund. (Imagines und Raupen) und *E. insulana* Boisd. der Vorteil der gleichzeitigen guten Wirkung gegen Spinnmilben und Blattläuse besonders schwer. Man bringt dem Präparat daher trotz seiner Giftigkeit (Ausbringung mit Schutzanzug und Maske) Interesse entgegen.

Dipterex dürfte wegen seiner schnellen Wirkung und geringen Giftigkeit eine der aussichtsreichsten neueren Phosphorverbindungen sein. Die Versuchsergebnisse gegen *Prodenia*-Raupen (1,8 bis 2,5 kg/ha) sind recht erfolgversprechend. Selbst bei Temperaturen um 40° C ist mit einer Dauerwirkung von 5 bis 7 Tagen zu rechnen. Die Wirkung gegen *E. insulana* Boisd. (1,8 bis 2,5 kg/ha) ist zwar schwächer als die von Gusathion und Endrin, gegen *P. gossypiella* Saund. aber so beachtlich, daß sie das Präparat für solche Anwendungsgebiete interessant macht, wo es auf geringe Humantoxizität ankommt. Bei vergleichenden Versuchen kam es auf den Dipterex-Parzellen nicht zu einer wesentlichen Zunahme der Populationsdichte von *M. bimaculatus* Harv. Die Belaubung war noch bei der Pflückreife bis zum Grund der Stauden gesund, während auf den mit Kohlenwasserstoffen (außer Toxaphen) behandelten Flächen früher Blattfall infolge starken Spinnmilbenauftretens einsetzte. Die Anwendung einer Kombination von Dipterex mit Gusathion (2,5 : 1) brachte sowohl gegen *P. litura* F. als auch gegen *P. gossypiella* Saund. und *E. insulana* Boisd. eine erhebliche Wirkungssteigerung und ausgezeichnete Erfolge gegen die drei genannten Schädlinge. Neuerdings zeigten am späten Abend ausgebrachte feuchte Kleiköderaufbereitungen mit Zusatz von Dipterex beachtliche Wirkung gegen Raupen von *A. ypsilon* Rott.

Von den systemischen Präparaten, die gegen saugende Insekten und Spinnmilben wirken, entfällt Systox wegen seiner hohen Giftigkeit. Das wesentlich weniger giftige Metasystox (0,5 bis 1 kg/ha) hat sich in einzelnen Fällen auf Baumwollfeldern, die als Folge der Anwendung von Kohlenwasserstoffen zur *Prodenia*-Bekämpfung verheerendes Auftreten von Spinnmilben zeigten, gegen *M. bimaculatus* Harv. und bei gelegentlichem Einsatz auch gegen *A. gossypii* Glov. gut bewährt. Es schont die Prädatoren weitgehend, zumal diese sich am Tage nahezu vollständig in Blüten, Knospen und Kapseln befinden. Die Dauerwirkung beträgt je nach Temperatur und Wachstumszustand der Kultur 1 bis 3 Wochen und ist auch auf stark verstaubten Feldern gesichert. Ekatin (Thiomethan) scheint dem Metasystox etwa gleichwertig zu sein, soweit eine Beurteilung zum gegenwärtigen Zeitpunkt möglich ist.

In ersten Tastversuchen wurden im Sommer 1956 auch systemische Mittel mit Wirkung gegen beißende *und* saugende Insekten geprüft. Wenn sie auch noch nicht befriedigten, so dürfte doch systemischen Insektiziden mit solch großer und trotzdem weitgehend selektiver Breitenwirkung eine erhebliche Bedeutung zukommen, da sie die gesamte Schädlingsfauna erfassen können, ohne die Nützlinge wesentlich zu schädigen.

c. Mittel zur Saatgutbehandlung

Die Behandlung des Saatgutes mit Thimet oder Disyston unter Verwendung von Aktivkohle als Trägerstoff erwies sich als sehr wirksam zur Ver-

hinderung von Frühbefall durch *Thrips tabaci* Lind. und *A. gossypii* Glov. Die auflaufenden Pflanzen blieben mehrere Wochen befallsfrei und wurden offensichtlich auch von *A. ypsilon* Rott. kaum angegriffen. Die Wirkstoff-Aufwandmenge betrug bei Thimet etwa 2 kg je 100 kg Baumwollsaat, bei Disyston etwa 4 kg.

Ausblick

Abschließend kann gesagt werden, daß die ägyptische Regierung den Pflanzenschutzdienst in klarer Erkenntnis seiner Bedeutung durch Ausbildung und Einsatz von Fachleuten, Schaffung von Beratungszentren, Schulungskurse für den Gebrauch von Pflanzenschutzmitteln und -geräten sowie vorbildlich angelegte Demonstrationsversuche auf Staatsgütern und in Privatbetrieben tatkräftig weiter ausbaut. Die Aufklärung der Bevölkerung wird durch Betriebsbegehungen, Radio- und Filmpropaganda, Herausgabe von bebilderten Flugblättern in Anpassung an den jeweiligen Bildungsstandard der angesprochenen Kreise intensiv betrieben. Das 1953 als Zusammenfassung aller früheren Verordnungen erlassene Pflanzenschutzgesetz ermöglicht es, notwendige Maßnahmen auch obligatorisch durchführen zu lassen. Es ist anzunehmen, daß die hohen Verluste, die dem Lande heute noch jedes Jahr durch Schädlingsbefall entstehen, bald auf ein erträgliches Maß zurückgeführt werden können. Die jährliche Zunahme der Bevölkerung Ägyptens um über 300 000 Menschen erfordert eine restlose Ausschöpfung aller landwirtschaftlichen Produktionsreserven. Der Ausbau eines leistungsfähigen Pflanzenschutzdienstes ist dabei von entscheidender Bedeutung.

Zusammenfassung

1. Die wichtigsten Baumwollschädlinge Ägyptens sind *Prodenia litura* F., *Pectinophora gossypiella* Saund. und *Earias insulana* Boisd. Geringere Bedeutung haben *Agrotis ypsilon* Rott., *Thrips tabaci* Lind. und *Aphis gossypii* Glov.
2. In den letzten Jahren wurde eine wesentliche Zunahme der Populationsdichte von *Metatetranychus bimaculatus* Harv. beobachtet, wahrscheinlich als Folge der einseitigen Anwendung mancher Kontaktinsektizide.
3. Die Biologie, Verbreitung und Bekämpfung der genannten Schädlinge werden besprochen.
4. Wegen der ungünstigen Auswirkung großflächiger chemischer Bekämpfungsmaßnahmen auf die Lebensgemeinschaften der Baumwollfelder wird neuerdings darauf geachtet, bei derartigen Aktionen die Prädatoren und Parasiten der Schädlinge zu schonen.
5. Die Vor- und Nachteile der in Ägypten zur Baumwollschädlingsbekämpfung eingesetzten Präparate werden diskutiert.

Summary

1. The main cotton pests in Egypt are *Prodenia litura* F., *Pectinophora gossypiella* Saund. and *Earias insulana* Boisd. Pests of minor importance are *Agrotis ypsilon* Rott., *Thrips tabaci* Lind. and *Aphis gossypii* Glov.

2. During the last years a considerable increase of the population density of *Metatetranychus bimaculatus* Harv. has been noticed, probably as a result of an abundant use of some contact insecticides.
3. The biology, distribution and control of the pests mentioned above are described.
4. By reason of the detrimental effect of some chemical control measures on the natural population balance in the cotton fields care is taken now to avoid the killing of predators and parasites of the pests.
5. Mention is made of the advantages and disadvantages of the pesticides which are used for cotton insect control in Egypt.

Literatur

Abul-Nasr, Salah: Polyhedrosis-virus disease on cotton leafworm, *Prodenia litura* F. Bull. Soc. Entom. Egypte **40**, 321–332, 1956.

Ahmed, Newson, Emerson, Roussel: The effect of Systox on some common predators of the cotton aphid. Journ. Econ. Entom. **47**, 445–449, 1954.

Anhoury, J.: Mise au point sur la destruction des pontes et des vers de la feuille du cotonnier. Feuilles Agricoles, Alexandria, **70**, 1–13, 1951.

Bishara, I.: The greasy cutworm *(Agrotis ypsilon* Rott.) in Egypt. Minist. Agric. Egypt, Techn. & Scient. Serv., Bull. 114, 55 pp., 1932.

— The cotton worm, *Prodenia litura* F., in Egypt. Bull. Soc. Roy. Ent. Egypt **18**, 288–418, 1934.

— Some pink bollworm studies in Egypt. Minist. Agric. Egypt, Techn. & Scient. Serv., Bull. 163, 32 pp., 1936.

— Comment l'Égypte lutte les insectes ennemis du coton. Off. Rept. XVIII. Int. Cotton Congr. Egypt, 218–244, 1938.

— Insectes nuisibles au cotonnier en Égypte. Feuilles agric. (Égypte) **8**, 71–80, 1950.

— Cotton worm *(Prodenia litura* F.) attack during 1951. Cotton Gaz. (Egypt) **14**, 51–57, 1951.

— The Egyptian cotton crop 1952 under special consideration of pest infestation. Egypt. Cotton Gazette, Journ. Alex. Cotton Exporters Assoc., **17**, Sept. 1952.

— & El-Zoheiry, M. S.: The cotton leaf-worm problem in Egypt *(Prodenia litura* F.). VI. Congr. int. Ent. Madrid 1935, **2**, 831–843, 1940.

Davis, Cowan, Parencia: Control of the cotton aphid and cotton leafworm with phosphorus insecticides. Journ. Econ. Entom. **49**, 706–707, 1956.

El Mistikawi, Abd el Megid: Chemical control of the cotton leaf worm *(Prodenia litura* F.) in Egypt. Transactions of the IXth International Congress of Entom., Amsterdam, 766–769, 1951.

Ghabn, Abdel Aziz Ali E. Sayed: Contribution to the knowledge of the biology of *Thrips tabaci* Lind. in Egypt *(Thysanoptera).* Bull. Soc. Fouad Ier Ent. **32**, 123–174, Cairo 1948.

— Field tests on a number of old and new insecticides against *Thrips tabaci* Lind. *(Thysanoptera)* attacking cotton seedlings and onion in Egypt. Bull. Soc. Fouad Ier Ent. **34**, 173–242, Cairo 1950.

Gómez Clemente, F., Planes Garcia, S. & Del Rivero, J. M.: Lucha quimica contra la oruga de las capsulas del algodonero *(Earias insulana)* (cuartro años de experiencias). Bol. Pat. veg. Ent. agric. **19** (1951–52), 59–85, Madrid 1954.

Gómez Clemente, F. & Del Rivero, J. M.: La rosquilla negra *(Prodenia litura* F.). Bol. Pat. veg. Ent. agric. **19** (1951–52), 221–278, Madrid 1954.

Hassan, A. S. und Zaher, M. A.: Biology of the Red Spider mite, *Eotetranychus cucurbitacearum* Sayed *(Acarina: Tetranychidae).* Bull. Soc. Entom. Egypte **40**, 301–302, 1956.

Hosny, M. M.: The activity and abundance of *Macrolepidoptera* in relation to environment. Dissertation, University London, 1953.

Janisch: Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung der Umweltfaktoren auf Insekten. I. Die Massenvermehrung der Baumwolleule *P. littoralis* in Ägypten. Zeitschr. f. Morph. u. Ökol. Tiere, 1930.

Joyce, R. J. V.: Large-scale spraying of cotton in the Gash Delta in Eastern Sudan. Bull. Ent. Res. **47**, 399–413, 1956.

Kamal Bey, Mohamed: Biological control projects in Egypt, with a list of introduced parasites and predators. Bull. Soc. Fouad Ier Ent. **35**, 205–220, Cairo 1951.
— The biological control of the cotton leaf-worm *(Prodenia litura* F.) in Egypt. Bull. Soc. Fouad Ier Ent. **35**, 221–268, Cairo 1951.
Pearson, E. O.: The control of pests of cotton in tropical Africa, in Wallace, T. & Martin, J. T.: Insecticides and colonial agricultural development. London 1954. (6. Symposium der Colston Research Society, März 1953 in Bristol, Engl.)
Taher Sayed, M.: Contribution to the knowledge of the *Acarina* of Egypt. V. Five new Species of *Tetranychidae.* Bull. Soc. Fouad Ier Ent. **30**, 79–97, 1946.
U. S. Dept. Agric.: Xth Ann. Conf. Rep. on cotton insect research control. Birmingham/ Ala. 1956.
Walker, R. L.: Report to the Government of Iraq on the control of the spiny bollworm. F. A. O. Report Nr. 135, Rom 1953.
Wiesmann, R.: Report to the Government of Egypt on the control of cotton leaf worm. F. A. O. Report Nr. 32, Rom 1952.
— Untersuchungen an den Prädatoren der Baumwollschadinsekten in Ägypten im Jahre 1951/52. Acta Tropica **12**, Nr. 3, Basel 1955.
Willcocks, F. C.: A survey of the more important economic insects and mites of Egypt. Sultan. Agric. Soc. Egypt, Cairo, Techn. Sec., Bull. 1, 1922.
— & Said Bahgat: Insects and mites injurious to the cotton plant, in: The insect and related pests of Egypt I, pt. 2, Cairo 1937.

Neue Forschungsergebnisse an Termiten

Von A. Herfs, Köln-Stammheim

Sandermann, W. u. Dietrichs, H. H.: **Untersuchungen über termitenresistente Hölzer.** — Holz als Roh- und Werkstoff, 15. Jg. (7) S. 281—297, 1957.

Aus den Versuchshölzern wurden Äthanolextrakte hergestellt, mit denen Filterpapiere imprägniert wurden. Der Termitentest wurde mit *Reticulitermes flavipes* ausgeführt, die Auftrennung der wirksamen Inhaltsstoffe der Hölzer erfolgte auf papierchromatographischem Wege. Die hydrophoben Verbindungen erwiesen sich als ausgesprochen abschreckend wirksam, wobei die Versuchstiere sich möglichst weit von imprägnierten Filterpapierproben aufhielten. Die hydrophilen Extraktstoffe werden nicht gemieden. Die mit ihnen imprägnierten Filterscheiben wurden z. T. angefressen. Dabei traten bei verschiedenen Verbindungen typische Vergiftungserscheinungen und Lähmungen auf. Da die hydrophoben Extraktstoffe außerdem stabiler sind als die hydrophilen, besitzen sie als Holzschutzmittel größeres Interesse. Mit Ausnahme der Holzarten *Markhamia stipulata* und *Piratinera guinaensis* sowie *Vitex* spec. konnten aus allen stark resistenten Hölzern Wirkstoffe isoliert werden. Ausgezeichnete Übereinstimmungen zeigten die Papierchromatogramme mehrerer Holzarten in bezug auf ihre Wirksamkeit gegen Termiten. So stimmen die abgetrennten Substanzen der drei Ebenhölzer nach Reaktionen und Rf-Werten überein mit Ausnahme von zwei Verbindungen, die nur in Macassar-Holz vorkommen. Die isolierten Wirkstoffe gehören sämtlich drei chemischen Stoffklassen an: den Stilbenen, Chinonen und Pyranverbindungen, zu denen mit Ausnahme der l-Citronellsäure (Terpen) alle bisher ermittelten termitenwirksamen Holzinhaltsstoffe gerechnet werden müssen. Stilbene wurden bereits von G. N. Wolcott getestet. Während bei niedrigen Konzentrationen (0,01 %) verschiedene Oxy-, Methoxyl-, Nitro- und Chlorsubstitutionsprodukte eine stärkere Wirkung aufweisen als Stilben, übertrifft die Grundverbindung bei steigendem Gehalt (ab 0,5 %) alle Derivate. Als wirksame Naturstoffe konnten ermittelt werden: Pinosylvin und dessen Derivate in *Pinus*arten; Chlorophorin in *Chlorophora excelsa;* Pterostilben in *Pterocarpus*-Arten. Wolcott hat auch eine Reihe von Chinonen gegen Termiten geprüft, von denen sich aber nur Tectochinon als wirksam erwies. Verff. fanden in ihren Untersuchungen Chrysophansäure und Aloemodin stark abschreckend und Lapachol als giftig. Anthrachinon selbst ist unwirksam. Als Wirkungsprinzip der Chinongruppe erwies sich die Anwesenheit einer Methyl- oder Oxymethylgruppe in 2-Stellung am Anthrachinonkern. Der Ersatz dieser 2-ständigen Gruppe durch Chlor führt zu unwirksamen Verbindungen. Rhein besitzt eine starke antibakterielle Aktivität. Ein dem Lapachol ähnliches Oxalkylnaphthochinon hat eine erstaunliche Wirkung gegen Plasmodium-Arten. Bei den Naphthochinonen (= Vitamin K-ähnliche Stoffe) scheint die Methylgruppe in 2-Stellung für die biologische Wirksamkeit von Bedeutung zu sein. — Die wirksamste Verbindung in Sandermanns Versuchen war Lapachonon. Cumarin und Naphthopyran wirken auch stark abschreckend. Während Wolcott die -Pyrane untersuchte, von denen sich Xanthon, -Naphthaflavon, Taxifolin und Pomiferin als wirksam erwiesen, prüften Verff. die -Pyrane, die z. T. Termitenwirksamkeit besitzen. Doch kann nicht die gesamte Gruppe der Pyran-Derivate als wirksam bezeichnet werden. Mehrere Flavon- und Catechin-Abkömmlinge (Morin, Kämpferol, Catechin u. a.) erwiesen sich als völlig unwirksam. Interessant ist die nahe Verwandtschaft der Pyran-Verbindungen mit den Rotenonen, die als starke Insektizide bekannt sind. Dicumarol, ein starker Vitamin-K-Antagonist, erwies sich im Termitentest als nur wenig abschreckend, aber außerordentlich giftig für *Reticulitermes flavipes.*

In der Literatur sind etwa 200 termitenfeste Holzarten bekannt. Verff. untersuchten 25 unter bestimmten Gesichtspunkten ausgewählte Hölzer, von denen etwa die Hälfte stark resistent war. An bisher nicht bekannten, dauerhaften Arten wurden festgestellt: *Tabebuia flavescens, Tabebuia ipé, Diospyros* spez. = Macassar *Madhuca betis, Markhamia stipulata, Vitex* spez., *Vitex pachyphylla* und *Cassia fistula.* An wirksamen Holzinhaltsstoffen, die z. T. sogar kristallisiert werden konnten, wurden ermittelt: Tectochinon aus *Tectona grandis;* Lapachonon aus *Paratecoma peroba, Tabebuia flavescens, Tabebuia ipé, Stereospermum suavevolens* und *Tectona grandis;* $C_{11}H_8O(OCH_3)_2$ aus *Diospyros* spez. = Macassar, Pterostilben aus *Pterocarpus Soyauxii.* „Verschiedene Anzeichen, wie die Bedeutung der 2-ständigen Methylgruppe in Chinonen, die Wirksamkeit von Cumarinen und das Auftreten Vitamin K_2 erzeugender Bakterien im Termitendarm deuten auf einen möglichen Vitamin-K-Wirkungsmechanismus hin."

PENCE, ROY J.: **The prolonged maintenance of the Western Subterranean Termite in the laboratory with moisture gradient tubes.** — J. econ Ent. **50**, pp. 238—240, June 1957.

Um *Reticulitermes hesperus* im Labor längere Zeit gesund und ohne hohe Mortalität halten zu können, wurde eine einfache, billige Methode ersonnen, die es gestattet, Erdtermiten, die recht feuchtigkeitsliebend sind, unter konstanten, optimalen Feuchtigkeitsbedingungen zu halten und zu beobachten. — Das System besteht aus einem etwa 1,40 m langen und im Durchmesser etwa 5 cm breiten Glasrohr, in das ein 100 cm langer Gipskern, der in der Mitte durch ein Paar Holzkragen gehalten wird, eingesetzt ist. Mit dem unteren Ende wird das Glasrohr in eine Petrischale eingestellt, in der ein Wasserstand von etwa 6 mm Höhe durch eine Einkerbung am unteren Rand des Glasrohres nach Art eines Kükentrinkgefäßes (chicken foutain) aufrechterhalten wird. Durch das kapillare Aufsteigen des Wassers auf dem Gips entsteht ein Feuchtigkeitsgefälle, wobei die unteren Partien fast gesättigt, die oberen aber zunehmend trockener werden. Setzt man nun Erdtermiten in das System ein, so sammeln sie sich bald in einer Höhe von etwa 20—25 cm über der Wasserlinie, wo — wie exakte Feuchtigkeitsmessungen zeigten — 97,5 % r. F. herrschten. Durch weitere intervallmäßige Messungen kann man leicht eine Skala der Feuchtigkeit, die von unten nach oben abnimmt, aufstellen. Das System arbeitet also wie eine Feuchtigkeitsorgel. Je nach dem Zweck kann man ähnlich konstruierte Systeme in größeren oder kleineren Maßstäben herstellen. Besonders hat sich die Verwendung von an der Basis aufgeschliffenen Reagenzgläsern praktisch bewährt, die man bequem in größerer Zahl in Bechergläser, auf deren Boden angefeuchtete Zellwatte liegt, einstellen kann.

Die beschriebenen Glasrohrsysteme, in denen man die Termiten leicht beobachten kann, eignen sich sowohl für biologische Studien als auch zur Durchführung von Materialprüfungen. — Durch Anfärbung von white-pine-Holz mit Tusche lassen sich die Fraßvorgänge am Holz und im Tier genau verfolgen. Dabei stellte PENCE fest, daß die Termiten im Hellen (sowohl bei natürlichem als auch bei künstlichem Licht) das schwarzgefärbte Holz deutlich dem ungefärbten, weißen vorziehen. Im Dunkeln werden aber beide Holzproben (schwarz und ungefärbt) unterschiedslos angegriffen. Verf. wirft die Frage auf, ob die Termiten, die doch im Arbeiterstadium blind sind, Perzeptionsorgane besitzen, die ihnen die Unterscheidung von Schwarz und Weiß ermöglichen. Weitere Versuche sollen diese Frage klären.

DRUCKFEHLERBERICHTIGUNG

In Heft 41/4, Aufsatz „Untersuchungen über Verbreitung und Schadwirkung des Lärchenblasfußes *(Taeniothrips lariciverus* KRAT.)" von Frhr. v. Vietinghoff-Riesch muß es heißen:

Auf S. 464, 7. Zeile v. unten, statt 250 m „1250 m" Höhe.
Auf S. 468, 7. Zeile v. unten, statt Abb. 6 „Abb. 8".

Standardwerke der Pflanzenschutz-Literatur

von Professor Dr. WALTER KOTTE

Direktor des Pflanzenschutzamtes in Freiburg i. Br.

„Der Name Dr. Kotte ist in Fachkreisen zum Begriff geworden. Und das mit Recht, denn es gibt auf dem Gebiet der Schädlingsbekämpfung kein anderes Werk, das in so anschaulicher, dabei aber leichtverständlicher Weise die Gefahren der Schädlinge aufzeigt, gleichzeitig aber auch die Mittel und Wege aufführt, die zur Vorbeugung und Bekämpfung dienen können."

Landwirtschaftliches Jahrbuch für Bayern

Krankheiten und Schädlinge im Obstbau
und ihre Bekämpfung

3., völlig neubearbeitete und erweiterte Auflage

1958 / 536 Seiten mit 233 Abbildungen und 8 Farbtafeln / In Ganzleinen 54,– DM

Nun liegt bereits die dritte Auflage dieses international bekannten und anerkannten Standardwerkes über den Pflanzenschutz im Obstbau vor. Wieder wurde unter Berücksichtigung der neuesten Forschungsergebnisse und von Erfahrungen aus der Praxis der Inhalt auf den heutigen Stand der Wissenschaft gebracht und die Zahl der Abbildungen erheblich vermehrt. Damit steht nun wieder dieses bewährte Fachbuch zur Verfügung, das auf alle Fragen der Krankheits- und Schädlingserkennung und -bekämpfung im Obstbau zuverlässig und erschöpfend Antwort gibt.

Krankheiten und Schädlinge im Gemüsebau
und ihre Bekämpfung

2., neubearbeitete Auflage

1952 / 288 Seiten mit 186 Abbildungen und 8 Farbtafeln / Kartoniert 24,– DM
In Ganzleinen 27,– DM

Das Buch des als Wissenschaftler und Praktiker bekannten Autors vermittelt das notwendige Wissen zur Erkennung und Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen in den Gemüsekulturen. Die durch die neuzeitlichen Insektengifte und technischen Geräte eröffneten Möglichkeiten werden in ihrer vollen Bedeutung eingehend gewürdigt. Gute, instruktive Abbildungen leisten eine wertvolle Hilfe beim Erkennen der vielen im Gemüsebau auftretenden Schädigungen.

VERLAG PAUL PAREY · BERLIN UND HAMBURG

Handbuch der Pflanzenkrankheiten

Begründet von
PAUL SORAUER

In sechs einzeln käuflichen Bänden herausgegeben von
Prof. Dr. Dr. h. c. OTTO APPEL †, Prof. Dr. Dr. h. c. HANS BLUNCK,
Prof. Dr. HARALD RICHTER

IV. Band: Tierische Schädlinge an Nutzpflanzen, 1. Teil

5., neubearb. Aufl. in 2 Lieferungen, hrsg. von Prof. Dr. Dr. h. c. HANS BLUNCK

1. Lieferung:
Protozoa und Metazoa partim
1949 / 458 Seiten mit 210 Abbildungen
In Ganzleinen 44,– DM

2. Lieferung:
Trichoptera und Lepidoptera
1953 / 526 Seiten mit 154 Abbildungen
In Ganzleinen 116,– DM

V. Band: Tierische Schädlinge an Nutzpflanzen, 2. Teil

5., neubearb. Aufl. in 5 Lieferungen, hrsg. von Prof. Dr. Dr. h. c. HANS BLUNCK

1. Lieferung:
Diptera und Hymenoptera
1953 / 320 Seiten mit 89 Abbildungen
In Ganzleinen 80,– DM

2. Lieferung:
Coleoptera
1954 / 608 Seiten mit 154 Abbildungen
In Ganzleinen 144,– DM

3. Lieferung:
Heteroptera und Homoptera I. Teil
1956 / 408 Seiten mit 128 Abbildungen
In Ganzleinen 94,– DM

4. Lieferung:
Homoptera II. Tl. (Aphidoidea, Coccoidea)
1957 / 586 Seiten mit 257 Abbildungen
In Ganzleinen 147,– DM

5. Lieferung
Vertebrata
1958 / 414 Seiten mit 134 Abbildungen / In Ganzleinen 88,– DM

VI. Band: Pflanzenschutz

Verhütung und Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten

2., neubearbeitete Auflage in 4 Lieferungen, herausgegeben von
Prof. Dr. Dr. h. c. OTTO APPEL † und Prof. Dr. HARALD RICHTER

1. Lieferung:
Die wirtschaftliche Bedeutung des Pflanzenschutzes und seine Aufgaben
1952 / 464 Seiten mit 3 Abbildungen / In Ganzleinen 78,– DM

2. Lieferung:
Physikalische und chemische Bekämpfungsmaßnahmen

3. Lieferung:
Biologische Bekämpfungsmaßnahmen und technische Mittel des Pflanzenschutzes

4. Lieferung:
Vorbeugungsmaßnahmen, Gesetzgebung, Organisation und Literaturübersicht

2.–4. Lieferung in Vorbereitung

Die Lieferungen sind einzeln käuflich. Besteller, die sich zur Abnahme aller Lieferungen eines dieser Bände verpflichten, erhalten auf die angegebenen Preise des betreffenden Bandes einen Nachlaß von 10 Prozent

VERLAG PAUL PAREY · BERLIN UND HAMBURG